

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ  
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ  
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**1. Общие сведения**

1.	Кафедра	философии, социальных наук и права социального обеспечения
2.	Направление подготовки	05.06.01 Науки о Земле
3.	Направленность (профиль)	Науки об атмосфере и климате
4.	Дисциплина (модуль)	Б1.В.01 Физика атмосферы и гидросферы
5.	Форма обучения	заочная
6.	Год набора	2021

**1. Методические рекомендации**

**1.1. Методические рекомендации по организации работы обучающихся во время проведения лекционных занятий**

В ходе лекционных занятий обучающемуся необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание изучаемой дисциплины, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Рекомендуется задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

**1.2. Методические рекомендации по подготовке к семинарским (практическим) занятиям**

В ходе подготовки к семинарским (практическим) занятиям следует изучить основную и дополнительную литературу, учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы.

Можно подготовить свой конспект ответов по рассматриваемой тематике, подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на занятие. Следует продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной практикой. Можно дополнить список рекомендованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы.

**1.3. Методические рекомендации к проведению дискуссии.**

Организация дискуссии осуществляется по определенным правилам, которые озвучивает преподаватель.

Участники могут не иметь опыта самостоятельного рассмотрения проблем, но обладают базовыми знаниями, воображением и другими способностями. Общий для всех участников конечный результат - достижение цели.

**Этапы проведения:**

– Подготовительный этап. Выявление проблемы, выбор темы и определение задач. Выбор вида и формы дискуссии, работа над ее стратегией, подготовка материалов.

– Ввод участников в дискуссионную ситуацию. Привлечение интереса, целеполагание, формирование команд, мобилизация участников.

– Групповая или индивидуальная работа по установленным правилам.

– Выводы и анализ итогов самостоятельно и/или с привлечением экспертов.

**Проведение групповой дискуссии предполагает:**

1. формирование микро-групп.

2. выбор идейной позиции.

3. коллективная (внутри микро-групп) подготовка основной речи.

4. выступление «основных спикеров», презентующих позицию микро-группы.

5. ответы на вопросы оппонентов.

6. вопросы оппонентам.

7. анализ, подведение итогов.

#### **1.4. Методические рекомендации по выполнению индивидуального творческого задания.**

Выполнение этого вида заданий предполагает активную самостоятельную деятельность обучающихся, в результате чего и происходит творческое овладение предметными знаниями, умениями, навыками и развитие творческих способностей.

Данный вид обучения:

- направлен на самостоятельный поиск обучающимися новых понятий и способов действий;

- предполагает последовательное и целенаправленное выдвижение перед обучающимися познавательных проблем, разрешение которых (под руководством преподавателя) приводит к активному усвоению новых знаний;

- обеспечивает особый способ мышления, прочность знаний и творческое их применение в практической деятельности.

При таком задании преподаватель не сообщает готовых знаний, а организует учащихся на их поиск: понятия, закономерности, теории познаются в ходе поиска, наблюдений, анализа фактов, мыслительной деятельности.

#### **1.5. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена.**

Главной целью проведения экзамена является выяснение качества и количества знаний, умений и навыков аспирантов, полученных ими при освоении учебного курса.

Успешная задача экзамена более вероятно при систематической работе аспирантов в течение учебного семестра, поэтому не стоит откладывать подготовку к нему на несколько последних дней.

#### **1.6. Методические рекомендации к самостоятельной работе**

При изучении дисциплины Б1.В.01 «Физика атмосферы и гидросферы» предполагается как аудиторная, так и внеаудиторная (самостоятельная) работа аспиранта. В ходе самостоятельной работы аспирант выполняет задания по темам курса. Также обязательным является подготовка ответов на контрольные вопросы и выполнение заданий по практическим занятиям. По желанию аспиранты могут подготовить рефераты, дополнительные доклады, сообщения. При изучении данного курса настоятельно рекомендуется начать вести словарь терминов и понятий.

С целью оказания помощи в самостоятельной работе в период учебного семестра с аспирантами проводятся индивидуальные и коллективные консультации по данной дисциплине, на которых они могут получить ответы на возникающие вопросы.

## **2. Планы практических занятий**

## Курс 2, семестр 3

### Практическое занятие № 1.

#### Физика плазмы и магнитная гидродинамика

##### План:

1. Плазма как система независимых частиц. Дрейфовое движение. Физический смысл дрейфа ведущего центра. Дрейф в неоднородном магнитном поле. Поляризационный дрейф. Ток намагничивания. Адиабатические инварианты. Магнитные зеркала, конус потерь, дрейфовые оболочки. Квазигидродинамическое приближение.
2. Плазма как диамагнитная среда. Колебания и волны в холодной плазме. Магнитогидродинамические волны. Дисперсия вблизи циклотронных частот. Магнитный звук. Гибридные частоты. Дисперсия магнитного звука. Структура прямых волн в плотной плазме. Косые волны и тензорные характеристики плазмы. Волны в плазме с конечной проводимостью. Резонансы поглощения. Плазменные волноводы. Магнито-звуковой резонанс.
3. Колебания и волны в горячей плазме в гидродинамическом приближении. Уравнения гидродинамического приближения. Скорость звука. Плазменные волны и ионный звук. Тензорные характеристики горячей плазмы и пространственная дисперсия. Ускоренные и замедленные магнито-звуковые волны. Дисперсия магнитного звука в горячей плазме.
4. Физическая кинетика плазмы. Функция распределения. Фазовое пространство. Моменты функции распределения. Теорема Лиувилля. Уравнение Больцмана. Уравнение Власова. Уравнение Фоккера-Планка. Феноменологическое описание процессов переноса. Кинетическое уравнение без столкновений. Самосогласованное поле. Интегрирование кинетического уравнения, вывод макроскопических уравнений магнитной гидродинамики.
5. Кинетическая теория плазменных волн. Волны в магнитном поле и тензорные характеристики плазмы. Специфическое затухание и раскачка колебаний. Слабая и сильная пространственная дисперсия. Волны на анизотропном фоне. Тензорные характеристики термической плазмы. Предельные случаи. Релятивистские эффекты и синхротронное излучение. Интегрирование по траекториям. Флуктуационное взаимодействие и кулоновские столкновения.

##### Литература:

1. Волощенко, А. П. Нелинейные волновые процессы : учебное пособие : [16+] / А. П. Волощенко, С. П. Тарасов, П. П. Пивнев ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 114 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612323> (дата обращения: 01.06.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3572-9. – Текст : электронный.

2. Васильев, А. А. Физическая метеорология : учебное пособие / А. А. Васильев, Ю. П. Переведенцев. — Казань : КФУ, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-00019-804-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101180> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики и механики. Методы решения : учебник и практикум для вузов / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев, А. И. Журов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 256 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02317-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471074> (дата обращения: 01.06.2021).

Кузнецов, В. А. Газодинамика : учебное пособие для вузов / В. А. Кузнецов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11813-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/476269> (дата обращения: 01.06.2021).

Динамическая метеорология. Общая циркуляция атмосферы : учебное пособие / составители Р. Г. Закинян, А. Р. Закинян. — Ставрополь : СКФУ, 2015. — 159 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/155062> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кузьмин, В. И. Физика Земли. Строение атмосферы и гидросферы Земли : учебное пособие / В. И. Кузьмин. — Новосибирск : СГУГиТ, 2017. — 269 с. — ISBN 978-5-906948-49-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157315> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кураев, А. А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 частях : [16+] / А. А. Кураев, А. П. Шашкин ; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — Ч. 1. Гидродинамика. — 122 с. : табл., ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573832> (дата обращения: 01.06.2021). — Библиогр.: с. 113-114. — ISBN 978-5-7782-3680-6. — ISBN 978-5-7782-3681-3 (ч. 1). — Текст : электронный.

Александров, Д. В. Прикладная гидродинамика : учебное пособие для вузов / Д. В. Александров, А. Ю. Зубарев, Л. Ю. Исакова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07621-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455360> (дата обращения: 01.06.2021).

Арцимович Л.А. Физика плазмы для физиков. - Москва : Атомиздат, 1979. - 317 с.

Брюнелли Б.Е. Физика ионосферы / Б. Е. Брюнелли, А. А. Намгаладзе; Отв. ред. Г. С. Иванов-Холодный, М. И. Пудовкин; АН СССР, Ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М. : Наука, 1988. - 526 с.

Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме / В. Л. Гинзбург. - Изд. 3-е. - Москва : Ленанд, 2014. - 683 с.

Иванов-Холодный Г.С. Прогнозирование состояния ионосферы : (детерминированный подход) / Г. С. Иванов-Холодный, А. В. Михайлов. - Ленинград : Гидрометеоиздат, 1980. - 190 с.

Иванов-Холодный Г.С. Солнце и ионосфера : Коротковолновое излучение Солнца и его воздействие на ионосферу / Г. С. Иванов-Холодный, Г. М. Никольский. - Москва : Наука, 1969. - 455 с.

Кринберг И.А. Ионосфера и плазмосфера / И. А. Кринберг, А. В. Тащилин; АН СССР, Сибирское отд-ние, Сибирский ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн ; отв. ред. П. А. Щепкин. - Москва : Наука, 1984. - 189 с.

Лайонс Л. Физика магнитосферы. - Москва : Мир, 1987.

Ляцкий В.Б. Токовые системы магнитосферно-ионосферных возмущений. - Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. - 198 с.

Ляцкий В.Б. Магнитосферно-ионосферное взаимодействие / В. Б. Ляцкий, Ю. П. Мальцев. - М. : Наука, 1983. - 192 с.

Мак-Ивен М., Филлипс Л. Химия атмосферы. - Москва : Мир, 1978

Мальцев Ю.П. Возмущения в магнитосферно-ионосферной системе. - Апатиты : ПГИ КНЦ АН ССР, 1986.

Акасофу С. И. Солнечно-земная физика : [В 2 ч.] / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; Перевод с англ. В. П. Головова [и др.] ; Под ред. Г. М. Никольского [и др.]. - Москва : Мир, 1974.

Мизун Ю.Г. Полярная ионосфера / Ю. Г. Мизун. - Л. : Наука : Ленингр. отд-ние, 1980. - 216 с.

Сергеев В.А. Магнитосфера Земли / В. А. Сергеев, Н. А. Цыганенко. - М. : Наука, 1980. - 174 с.

Щепкин Л.А. Термосфера Земли : Эксперим. сведения. - М. : Наука, 1980. - 220 с.

### **Задания для самостоятельной работы:**

1. Магнитогидродинамическое описание плазмы. Основные уравнения. Условие применимости МГД-описания.
2. Кинетическое описание плазмы. Система кинетических уравнений Власова.

### **Практическое занятие № 2,3. Физика околоземной среды**

#### **План:**

1. Солнечная активность, её проявления и циклы. Механизм циклических изменений. Солнечная корона. Геоактивная радиация Солнца. Коротковолновое излучение Солнца. Солнечный ветер. Образование солнечного ветра (теория расширяющейся короны Паркера). Параметры солнечного ветра на орбите Земли. Магнитное поле солнечного ветра, конфигурация силовых линий, секторная структура поля. Связь межпланетного магнитного поля с магнитными полями на Солнце. Высокоскоростные потоки солнечного ветра и их связь с корональными дырами и униполярными областями. Солнечные вспышки.

2. Геофизические проявления солнечной активности. Геомагнитные вариации. Классификация геомагнитных возмущений, локализация источников. Геомагнитная буря. Геомагнитная суббуря. Геомагнитные пульсации. Индексы геомагнитной активности. Полярные сияния. Высотные распределения интенсивности свечения сияний, оптический спектр, основные эмиссии. Энергетический спектр вторгающихся электронов. Протонные и водородные сияния.

3. Солнечно-земные связи. Физика магнитосферы. Магнитное поле Земли. Обтекание солнечным ветром геомагнитного поля, ударная волна, параметры плазмы в переходном слое, формирование магнитопаузы.

4. Модели магнитосферы. Структура магнитосферного магнитного поля. Головная ударная волна. Магнитосферное электрическое поле. Поле коротации. Вязкое трение. Конвекция в магнитосфере при южном ММП. Слой Альфвена. Действие азимутальной компоненты ММП.

5. Измерения электрического поля. Токи в магнитосфере. Плазма в магнитосфере. Плазмосфера. Пограничные слои. Плазменный слой. Кольцевой ток. Высыпающиеся частицы. Магнитосферная суббуря. Фазы суббури, суббуря в геомагнитном поле и в авроральных явлениях. Процессы в магнитосфере в периоды суббурь.

6. Физика нейтральной атмосферы. Характерные высотные области нейтральной атмосферы. Гидростатическое распределение плотности и давления с высотой. Состав нейтральной атмосферы. Диффузионное равновесие. Фотодиссоциация. Поглощение диссоциирующего излучения. Химические реакции кислородных компонент. Диффузия.

7. Распределения частиц в экзосфере. Среднемассовые движения. Геострофическое приближение. Роль ионного трения и вязкости. Ветры в термосфере от солнечного и высокоширотного источников. Изменения состава, связанные с термосферной циркуляцией. Приливы. Акустико-гравитационные волны. Планетарные волны.

8. Тепловой режим нейтральной атмосферы. Уравнение теплового баланса. Нагрев солнечным излучением. Нагрев высыпающимися частицами. Джоулев нагрев. Охлаждение за счёт излучения. Вариации параметров и модели нейтральной атмосферы.

#### **Литература:**

1. Волощенко, А. П. Нелинейные волновые процессы : учебное пособие : [16+] / А. П. Волощенко, С. П. Тарасов, П. П. Пивнев ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 114 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612323> (дата обращения: 01.06.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3572-9. – Текст : электронный.

2. Васильев, А. А. Физическая метеорология : учебное пособие / А. А. Васильев, Ю. П. Переведенцев. — Казань : КФУ, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-00019-804-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101180> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики и механики. Методы решения : учебник и практикум для вузов / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев, А. И. Журов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 256 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02317-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471074> (дата обращения: 01.06.2021).

Кузнецов, В. А. Гидрогазодинамика : учебное пособие для вузов / В. А. Кузнецов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11813-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/476269> (дата обращения: 01.06.2021).

Динамическая метеорология. Общая циркуляция атмосферы : учебное пособие / составители Р. Г. Закинян, А. Р. Закинян. — Ставрополь : СКФУ, 2015. — 159 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155062> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кузьмин, В. И. Физика Земли. Строение атмосферы и гидросферы Земли : учебное пособие / В. И. Кузьмин. — Новосибирск : СГУГиТ, 2017. — 269 с. — ISBN 978-5-906948-49-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157315> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кураев, А. А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 частях : [16+] / А. А. Кураев, А. П. Шашкин ; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — Ч. 1. Гидродинамика. — 122 с. : табл., ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573832> (дата обращения: 01.06.2021). — Библиогр.: с. 113-114. — ISBN 978-5-7782-3680-6. — ISBN 978-5-7782-3681-3 (ч. 1). — Текст : электронный.

Александров, Д. В. Прикладная гидродинамика : учебное пособие для вузов / Д. В. Александров, А. Ю. Зубарев, Л. Ю. Исакова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07621-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455360> (дата обращения: 01.06.2021).

Арцимович Л.А. Физика плазмы для физиков. - Москва : Атомиздат, 1979. - 317 с.

Брюнелли Б.Е. Физика ионосферы / Б. Е. Брюнелли, А. А. Намгаладзе; Отв. ред. Г. С. Иванов-Холодный, М. И. Пудовкин; АН СССР, Ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М. : Наука, 1988. - 526 с.

Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме / В. Л. Гинзбург. - Изд. 3-е. - Москва : Ленанд, 2014. - 683 с.

Иванов-Холодный Г.С. Прогнозирование состояния ионосферы : (детерминированный подход) / Г. С. Иванов-Холодный, А. В. Михайлов. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1980. - 190 с.

Иванов-Холодный Г.С. Солнце и ионосфера : Коротковолновое излучение Солнца и его воздействие на ионосферу / Г. С. Иванов-Холодный, Г. М. Никольский. - Москва : Наука, 1969. - 455 с.

Кринберг И.А. Ионосфера и плазмосфера / И. А. Кринберг, А. В. Тащилин; АН СССР, Сибирское отд-ние, Сибирский ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн ; отв. ред. П. А. Щепкин. - Москва : Наука, 1984. - 189 с.

Лайонс Л. Физика магнитосферы. - Москва : Мир, 1987.

Ляцкий В.Б. Токовые системы магнитосферно-ионосферных возмущений. - Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. - 198 с.

Ляцкий В.Б. Магнитосферно-ионосферное взаимодействие / В. Б. Ляцкий, Ю. П. Мальцев. - М. : Наука, 1983. - 192 с.

Мак-Ивен М., Филлипс Л. Химия атмосферы. - Москва : Мир, 1978

Мальцев Ю.П. Возмущения в магнитосферно-ионосферной системе. - Апатиты : ПГИ КНЦ АН СССР, 1986.

Акасофу С. И. Солнечно-земная физика : [В 2 ч.] / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; Перевод с англ. В. П. Головова [и др.] ; Под ред. Г. М. Никольского [и др.]. - Москва : Мир, 1974.

Мизун Ю.Г. Полярная ионосфера / Ю. Г. Мизун. - Л. : Наука : Ленингр. отд-ние, 1980. - 216 с.

Сергеев В.А. Магнитосфера Земли / В. А. Сергеев, Н. А. Цыганенко. - М. : Наука, 1980. - 174 с.

Щепкин Л.А. Термосфера Земли : Эксперим. сведения. - М. : Наука, 1980. - 220 с.

### **Задания для самостоятельной работы:**

1. Количественное оценивание солнечной активности. Уровни солнечной активности. Числа Вольфа. Поток солнечного радиоизлучения на длине волны 10.7 см. Солнечные вспышки и их классификация.
2. Индексы геомагнитной активности. Индексы Kp, Ap, Dst, AU, AL, AE, PC, их оценивание и использование для оценки уровней геомагнитной активности.
3. Выполнить обзор подходов к описанию магнитосферы.
4. Кольцевые токи зон 1 и 2. Их связь с магнитосферной активностью.
5. Строение нейтральной атмосферы. Диффузия, диссоциация и химические процессы в ней.
6. Термосферные ветры, их описание и моделирование.
7. Тепловой баланс нейтральной атмосферы.

## **Курс 2, семестр 4**

### **Практическое занятие № 1.**

#### **Физика ионосферы**

##### **План:**

Ионосфера как среда распространения радиоволн. Плазменная оболочка Земли. Движение заряженной частицы в магнитном поле. Сила Лоренца, гироскорость, гироскорость. Магнитный момент его постоянство. Дрейфы. Вмороженность. Движение заряженных частиц вдоль силовых линий геомагнитного поля, продольный инвариант. Гидродинамическое описание, токи в ионосферной плазме. Квазинейтральность, плазменная частота, радиус Дебая. Соударения в ионосферной плазме. Ток в ионосферной плазме.

Магнитное давление. Ток под действием градиента давления, диамагнетизм ионосферной плазмы. Закон Ома, проводимости ионосферной плазмы в стационарных полях. Влияние границ на проводимость ионосферной плазмы.

Волны в ионосферной плазме. Преобразования Фурье-Лапласа. Дисперсия, групповая скорость, показатель преломления, отсечки и резонансы. Волновое уравнение, диэлектрическая проницаемость плазмы.

Проводимость плазмы в переменном электрическом поле. Тензор диэлектрической проницаемости. Дисперсионное уравнение. Электромагнитные волны, распространяющиеся вдоль магнитного поля. Поляризация волн.

Альфвеновские волны. Распространение электромагнитной волны перпендикулярно внешнему магнитному полю.

Распространение радиоволн в ионосфере. Магнитоионная теория. Формула Эпплтона-Хартри, поляризация волн.

Условия отражения радиоволн. Квазипродольное и квазипоперечное приближения. Отражение радиоволн от ионосферы при наклонном распространении. Траектории радиосигналов. Поглощение радиоволн. Фарадеевское вращение.

#### Литература:

1. Волощенко, А. П. Нелинейные волновые процессы : учебное пособие : [16+] / А. П. Волощенко, С. П. Тарасов, П. П. Пивнев ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 114 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612323> (дата обращения: 01.06.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3572-9. – Текст : электронный.

2. Васильев, А. А. Физическая метеорология : учебное пособие / А. А. Васильев, Ю. П. Переведенцев. — Казань : КФУ, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-00019-804-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101180> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики и механики. Методы решения : учебник и практикум для вузов / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев, А. И. Журов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 256 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02317-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471074> (дата обращения: 01.06.2021).

Кузнецов, В. А. Гидрогазодинамика : учебное пособие для вузов / В. А. Кузнецов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11813-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/476269> (дата обращения: 01.06.2021).

Динамическая метеорология. Общая циркуляция атмосферы : учебное пособие / составители Р. Г. Закинян, А. Р. Закинян. — Ставрополь : СКФУ, 2015. — 159 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155062> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кузьмин, В. И. Физика Земли. Строение атмосферы и гидросферы Земли : учебное пособие / В. И. Кузьмин. — Новосибирск : СГУГиТ, 2017. — 269 с. — ISBN 978-5-906948-49-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157315> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кураев, А. А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 частях : [16+] / А. А. Кураев, А. П. Шашкин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – Ч. 1. Гидродинамика. – 122 с. : табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573832> (дата обращения: 01.06.2021). – Библиогр.: с. 113-114. – ISBN 978-5-7782-3680-6. - ISBN 978-5-7782-3681-3 (ч. 1). – Текст : электронный.

Александров, Д. В. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие для вузов / Д. В. Александров, А. Ю. Зубарев, Л. Ю. Исакова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07621-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455360> (дата обращения: 01.06.2021).

Арцимович Л.А. Физика плазмы для физиков. - Москва : Атомиздат, 1979. - 317 с.

Брюнелли Б.Е. Физика ионосферы / Б. Е. Брюнелли, А. А. Намгаладзе; Отв. ред. Г. С. Иванов-Холодный, М. И. Пудовкин; АН СССР, Ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М. : Наука, 1988. - 526 с.

Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме / В. Л. Гинзбург. - Изд. 3-е. - Москва : Ленанд, 2014. - 683 с.

Иванов-Холодный Г.С. Прогнозирование состояния ионосферы : (детерминированный подход) / Г. С. Иванов-Холодный, А. В. Михайлов. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1980. - 190 с.

Иванов-Холодный Г.С. Солнце и ионосфера : Коротковолновое излучение Солнца и его воздействие на ионосферу / Г. С. Иванов-Холодный, Г. М. Никольский. - Москва : Наука, 1969. - 455 с.

Кринберг И.А. Ионосфера и плазмосфера / И. А. Кринберг, А. В. Тащилин; АН СССР, Сибирское отд-ние, Сибирский ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн ; отв. ред. П. А. Щепкин. - Москва : Наука, 1984. - 189 с.

Лайонс Л. Физика магнитосферы. - Москва : Мир, 1987.

Ляцкий В.Б. Токовые системы магнитосферно-ионосферных возмущений. - Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. - 198 с.

Ляцкий В.Б. Магнитосферно-ионосферное взаимодействие / В. Б. Ляцкий, Ю. П. Мальцев. - М. : Наука, 1983. - 192 с.

Мак-Ивен М., Филлипс Л. Химия атмосферы. - Москва : Мир, 1978

Мальцев Ю.П. Возмущения в магнитосферно-ионосферной системе. - Апатиты : ПГИ КНЦ АН ССР, 1986.

Акасофу С. И. Солнечно-земная физика : [В 2 ч.] / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; Перевод с англ. В. П. Головова [и др.] ; Под ред. Г. М. Никольского [и др.]. - Москва : Мир, 1974.

Мизун Ю.Г. Полярная ионосфера / Ю. Г. Мизун. - Л. : Наука : Ленингр. отд-ние, 1980. - 216 с.

Сергеев В.А. Магнитосфера Земли / В. А. Сергеев, Н. А. Цыганенко. - М. : Наука, 1980. - 174 с.

Щепкин Л.А. Термосфера Земли : Эксперим. сведения. - М. : Наука, 1980. - 220 с.

### **Задания для самостоятельной работы:**

1. Ионосфера как среда распространения радиоволн.
2. Распространение радиоволн в ионосфере Земли.
3. Отражение радиоволн от ионосферы при наклонном распространении. Траектории радиосигналов.

### **Практическое занятие № 2.**

#### **Физика ионосферы**

##### **План:**

Электростатические волны в ионосферной плазме. Звуковые волны в неионизованном газе. Электростатические волны в плазме без магнитного поля. Электростатические волны в холодной плазме с магнитным полем. Гидродинамические неустойчивости ионосферной плазмы.

Кинетическое рассмотрение электростатических волн. Кинетическое уравнение Больцмана. Проводимость и диэлектрическая проницаемость плазмы в кинетической теории. Дисперсионные соотношения для электростатических волн. Затухание электростатических волн, аномальные соударения. Неустойчивости, влияние направленных движений.

##### **Литература:**

1. Волощенко, А. П. Нелинейные волновые процессы : учебное пособие : [16+] / А. П. Волощенко, С. П. Тарасов, П. П. Пивнев ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 114 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612323> (дата обращения: 01.06.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3572-9. – Текст : электронный.

2. Васильев, А. А. Физическая метеорология : учебное пособие / А. А. Васильев, Ю. П. Переведенцев. — Казань : КФУ, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-00019-804-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101180> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики и механики. Методы решения : учебник и практикум для вузов / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев, А. И. Журов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 256 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02317-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471074> (дата обращения: 01.06.2021).

Кузнецов, В. А. Гидрогазодинамика : учебное пособие для вузов / В. А. Кузнецов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11813-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/476269> (дата обращения: 01.06.2021).

Динамическая метеорология. Общая циркуляция атмосферы : учебное пособие / составители Р. Г. Закинян, А. Р. Закинян. — Ставрополь : СКФУ, 2015. — 159 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155062> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кузьмин, В. И. Физика Земли. Строение атмосферы и гидросферы Земли : учебное пособие / В. И. Кузьмин. — Новосибирск : СГУГиТ, 2017. — 269 с. — ISBN 978-5-906948-49-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157315> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кураев, А. А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 частях : [16+] / А. А. Кураев, А. П. Шашкин ; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — Ч. 1. Гидродинамика. — 122 с. : табл., ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573832> (дата обращения: 01.06.2021). — Библиогр.: с. 113-114. — ISBN 978-5-7782-3680-6. — ISBN 978-5-7782-3681-3 (ч. 1). — Текст : электронный.

Александров, Д. В. Прикладная гидродинамика : учебное пособие для вузов / Д. В. Александров, А. Ю. Зубарев, Л. Ю. Искакова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07621-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455360> (дата обращения: 01.06.2021).

Арцимович Л.А. Физика плазмы для физиков. - Москва : Атомиздат, 1979. - 317 с.

Брюнелли Б.Е. Физика ионосферы / Б. Е. Брюнелли, А. А. Намгаладзе; Отв. ред. Г. С. Иванов-Холодный, М. И. Пудовкин; АН СССР, Ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М. : Наука, 1988. - 526 с.

Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме / В. Л. Гинзбург. - Изд. 3-е. - Москва : Ленанд, 2014. - 683 с.

Иванов-Холодный Г.С. Прогнозирование состояния ионосферы : (детерминированный подход) / Г. С. Иванов-Холодный, А. В. Михайлов. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1980. - 190 с.

Иванов-Холодный Г.С. Солнце и ионосфера : Коротковолновое излучение Солнца и его воздействие на ионосферу / Г. С. Иванов-Холодный, Г. М. Никольский. - Москва : Наука, 1969. - 455 с.

Кринберг И.А. Ионосфера и плазмосфера / И. А. Кринберг, А. В. Тащилин; АН СССР, Сибирское отд-ние, Сибирский ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн ; отв. ред. П. А. Щепкин. - Москва : Наука, 1984. - 189 с.

Лайонс Л. Физика магнитосферы. - Москва : Мир, 1987.

Ляцкий В.Б. Токовые системы магнитосферно-ионосферных возмущений. - Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. - 198 с.

Ляцкий В.Б. Магнитосферно-ионосферное взаимодействие / В. Б. Ляцкий, Ю. П. Мальцев. - М. : Наука, 1983. - 192 с.

Мак-Ивен М., Филлипс Л. Химия атмосферы. - Москва : Мир, 1978

Мальцев Ю.П. Возмущения в магнитосферно-ионосферной системе. - Апатиты : ПГИ КНЦ АН СССР, 1986.

Акасофу С. И. Солнечно-земная физика : [В 2 ч.] / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; Перевод с англ. В. П. Головова [и др.] ; Под ред. Г. М. Никольского [и др.]. - Москва : Мир, 1974.

Мизун Ю.Г. Полярная ионосфера / Ю. Г. Мизун. - Л. : Наука : Ленингр. отд-ние, 1980. - 216 с.

Сергеев В.А. Магнитосфера Земли / В. А. Сергеев, Н. А. Цыганенко. - М. : Наука, 1980. - 174 с.

Щепкин Л.А. Термосфера Земли : Эксперим. сведения. - М. : Наука, 1980. - 220 с.

### **Задания для самостоятельной работы:**

1. Электростатические волны в ионосферной плазме.
2. Затухание электростатических волн, аномальные соударения. Неустойчивости.

### **Практическое занятие № 3.**

#### **Физика ионосферы**

##### **План:**

Методы наблюдений за состоянием ионосферы (ионосферные измерения).

Величины, характеризующие состояние ионосферы, и принципы их измерений.

Исследования ионосферы зеркально отражёнными от неё радиоволнами.

Вертикальное зондирование ионосферы.

Наклонное зондирование.

Возвратно-наклонное зондирование.

Зондирование ионосферы сверху.

Измерения поглощения отражённых радиоволн.

Исследования движений ионосферной плазмы отражёнными радиоволнами.

Измерения при радиопросвечивании ионосферы. Риометрические измерения поглощения космического радишума.

Измерения интегрального электронного содержания.

##### **Литература:**

1. Волощенко, А. П. Нелинейные волновые процессы : учебное пособие : [16+] / А. П. Волощенко, С. П. Тарасов, П. П. Пивнев ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. - 114 с. : ил., табл., схем., граф. - Режим доступа: по подписке. - URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612323> (дата обращения: 01.06.2021). - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9275-3572-9. - Текст : электронный.

2. Васильев, А. А. Физическая метеорология : учебное пособие / А. А. Васильев, Ю. П. Переведенцев. — Казань : КФУ, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-00019-804-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101180> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики и механики. Методы решения : учебник и практикум для вузов / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев, А. И. Журов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 256 с. —

(Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02317-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471074> (дата обращения: 01.06.2021).

Кузнецов, В. А. Гидрогазодинамика : учебное пособие для вузов / В. А. Кузнецов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11813-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/476269> (дата обращения: 01.06.2021).

Динамическая метеорология. Общая циркуляция атмосферы : учебное пособие / составители Р. Г. Закинян, А. Р. Закинян. — Ставрополь : СКФУ, 2015. — 159 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155062> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кузьмин, В. И. Физика Земли. Строение атмосферы и гидросферы Земли : учебное пособие / В. И. Кузьмин. — Новосибирск : СГУГиТ, 2017. — 269 с. — ISBN 978-5-906948-49-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157315> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кураев, А. А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 частях : [16+] / А. А. Кураев, А. П. Шашкин ; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — Ч. 1. Гидродинамика. — 122 с. : табл., ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573832> (дата обращения: 01.06.2021). — Библиогр.: с. 113-114. — ISBN 978-5-7782-3680-6. — ISBN 978-5-7782-3681-3 (ч. 1). — Текст : электронный.

Александров, Д. В. Прикладная гидродинамика : учебное пособие для вузов / Д. В. Александров, А. Ю. Зубарев, Л. Ю. Исакова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07621-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455360> (дата обращения: 01.06.2021).

Арцимович Л.А. Физика плазмы для физиков. - Москва : Атомиздат, 1979. - 317 с.

Брюнелли Б.Е. Физика ионосферы / Б. Е. Брюнелли, А. А. Намгаладзе; Отв. ред. Г. С. Иванов-Холодный, М. И. Пудовкин; АН СССР, Ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М. : Наука, 1988. - 526 с.

Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме / В. Л. Гинзбург. - Изд. 3-е. - Москва : Ленанд, 2014. - 683 с.

Иванов-Холодный Г.С. Прогнозирование состояния ионосферы : (детерминированный подход) / Г. С. Иванов-Холодный, А. В. Михайлов. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1980. - 190 с.

Иванов-Холодный Г.С. Солнце и ионосфера : Коротковолновое излучение Солнца и его воздействие на ионосферу / Г. С. Иванов-Холодный, Г. М. Никольский. - Москва : Наука, 1969. - 455 с.

Кринберг И.А. Ионосфера и плазмосфера / И. А. Кринберг, А. В. Ташилин; АН СССР, Сибирское отд-ние, Сибирский ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн ; отв. ред. П. А. Щепкин. - Москва : Наука, 1984. - 189 с.

Лайонс Л. Физика магнитосферы. - Москва : Мир, 1987.

Ляцкий В.Б. Токовые системы магнитосферно-ионосферных возмущений. - Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. - 198 с.

Ляцкий В.Б. Магнитосферно-ионосферное взаимодействие / В. Б. Ляцкий, Ю. П. Мальцев. - М. : Наука, 1983. - 192 с.

Мак-Ивен М., Филлипс Л. Химия атмосферы. - Москва : Мир, 1978

Мальцев Ю.П. Возмущения в магнитосферно-ионосферной системе. - Апатиты : ПГИ КНЦ АН ССР, 1986.

Акасофу С. И. Солнечно-земная физика : [В 2 ч.] / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; Перевод с англ. В. П. Головова [и др.] ; Под ред. Г. М. Никольского [и др.]. - Москва : Мир, 1974.

Мизун Ю.Г. Полярная ионосфера / Ю. Г. Мизун. - Л. : Наука : Ленингр. отд-ние, 1980. - 216 с.

Сергеев В.А. Магнитосфера Земли / В. А. Сергеев, Н. А. Цыганенко. - М. : Наука, 1980. - 174 с.

Щепкин Л.А. Термосфера Земли : Эксперим. сведения. - М. : Наука, 1980. - 220 с.

#### **Задания для самостоятельной работы:**

1. Методы наблюдений за состоянием ионосферы
2. Измерения интегрального электронного содержания. Глобальные карты полного электронного содержания ионосферы.

### **Практическое занятие № 4.**

#### **Физика ионосферы**

##### **План:**

Средства исследования нижней ионосферы.

Метод частичных отражений.

Метод кросс-модуляции.

Радиолокационные исследования ионосферы. Экваториальные радиоотражения. Радиоаврора. Радиолокаторы, применяемые для исследований ионосферы.

Метод некогерентного рассеяния радиоволн. Мощность рассеянного сигнала. Спектр некогерентно рассеянного сигнала.

Техника наблюдений некогерентного рассеяния.

Измерения параметров ионосферной плазмы с помощью ракет и спутников.

##### **Литература:**

1. Волощенко, А. П. Нелинейные волновые процессы : учебное пособие : [16+] / А. П. Волощенко, С. П. Тарасов, П. П. Пивнев ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 114 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612323> (дата обращения: 01.06.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3572-9. – Текст : электронный.

2. Васильев, А. А. Физическая метеорология : учебное пособие / А. А. Васильев, Ю. П. Переведенцев. — Казань : КФУ, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-00019-804-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101180> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики и механики. Методы решения : учебник и практикум для вузов / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев, А. И. Журов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 256 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02317-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471074> (дата обращения: 01.06.2021).

Кузнецов, В. А. Гидрогазодинамика : учебное пособие для вузов / В. А. Кузнецов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11813-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/476269> (дата обращения: 01.06.2021).

Динамическая метеорология. Общая циркуляция атмосферы : учебное пособие / составители Р. Г. Закинян, А. Р. Закинян. — Ставрополь : СКФУ, 2015. — 159 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155062> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кузьмин, В. И. Физика Земли. Строение атмосферы и гидросферы Земли : учебное пособие / В. И. Кузьмин. — Новосибирск : СГУГиТ, 2017. — 269 с. — ISBN 978-5-906948-49-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157315> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кураев, А. А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 частях : [16+] / А. А. Кураев, А. П. Шашкин ; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — Ч. 1. Гидродинамика. — 122 с. : табл., ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573832> (дата обращения: 01.06.2021). — Библиогр.: с. 113-114. — ISBN 978-5-7782-3680-6. — ISBN 978-5-7782-3681-3 (ч. 1). — Текст : электронный.

Александров, Д. В. Прикладная гидродинамика : учебное пособие для вузов / Д. В. Александров, А. Ю. Зубарев, Л. Ю. Исакова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07621-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455360> (дата обращения: 01.06.2021).

Арцимович Л.А. Физика плазмы для физиков. - Москва : Атомиздат, 1979. - 317 с.

Брюнелли Б.Е. Физика ионосферы / Б. Е. Брюнелли, А. А. Намгаладзе; Отв. ред. Г. С. Иванов-Холодный, М. И. Пудовкин; АН СССР, Ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М. : Наука, 1988. - 526 с.

Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме / В. Л. Гинзбург. - Изд. 3-е. - Москва : Ленанд, 2014. - 683 с.

Иванов-Холодный Г.С. Прогнозирование состояния ионосферы : (детерминированный подход) / Г. С. Иванов-Холодный, А. В. Михайлов. - Ленинград : Гидрометеоиздат, 1980. - 190 с.

Иванов-Холодный Г.С. Солнце и ионосфера : Коротковолновое излучение Солнца и его воздействие на ионосферу / Г. С. Иванов-Холодный, Г. М. Никольский. - Москва : Наука, 1969. - 455 с.

Кринберг И.А. Ионосфера и плазмосфера / И. А. Кринберг, А. В. Тащилин; АН СССР, Сибирское отд-ние, Сибирский ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн ; отв. ред. П. А. Щепкин. - Москва : Наука, 1984. - 189 с.

Лайонс Л. Физика магнитосферы. - Москва : Мир, 1987.

Ляцкий В.Б. Токовые системы магнитосферно-ионосферных возмущений. - Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. - 198 с.

Ляцкий В.Б. Магнитосферно-ионосферное взаимодействие / В. Б. Ляцкий, Ю. П. Мальцев. - М. : Наука, 1983. - 192 с.

Мак-Ивен М., Филлипс Л. Химия атмосферы. - Москва : Мир, 1978

Мальцев Ю.П. Возмущения в магнитосферно-ионосферной системе. - Апатиты : ПГИ КНЦ АН ССР, 1986.

Акасофу С. И. Солнечно-земная физика : [В 2 ч.] / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; Перевод с англ. В. П. Головова [и др.] ; Под ред. Г. М. Никольского [и др.]. - Москва : Мир, 1974.

Мизун Ю.Г. Полярная ионосфера / Ю. Г. Мизун. - Л. : Наука : Ленингр. отд-ние, 1980. - 216 с.

Сергеев В.А. Магнитосфера Земли / В. А. Сергеев, Н. А. Цыганенко. - М. : Наука, 1980. - 174 с.

Щепкин Л.А. Термосфера Земли : Эксперим. сведения. - М. : Наука, 1980. - 220 с.

#### **Задания для самостоятельной работы:**

1. Методы наблюдений за состоянием ионосферы
2. Измерения интегрального электронного содержания. Глобальные карты полного электронного содержания ионосферы.

## Практическое занятие № 5.

### Физика ионосферы

#### План:

Регулярные вариации ионосферных параметров. Широтное районирование ионосферы.

Вариации в средних широтах. Область D ионосферы. Зимняя аномалия. Регулярный E-слой. Слой F1. Спорадический слой Es и ночная долина между E и F-слоями.

Область F2 и внешняя ионосфера (плазмосфера). Сезонно-суточные вариации, сезонная аномалия. Полугодовые вариации и декабрьская аномалия. Вариации с солнечной активностью.

Низкоширотная ионосфера. Экваториальная аномалия. Физическая интерпретация наблюдаемого поведения экваториальной ионосферы.

#### Литература:

1. Волощенко, А. П. Нелинейные волновые процессы : учебное пособие : [16+] / А. П. Волощенко, С. П. Тарасов, П. П. Пивнев ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 114 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612323> (дата обращения: 01.06.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3572-9. – Текст : электронный.

2. Васильев, А. А. Физическая метеорология : учебное пособие / А. А. Васильев, Ю. П. Переведенцев. — Казань : КФУ, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-00019-804-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101180> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики и механики. Методы решения : учебник и практикум для вузов / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев, А. И. Журов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 256 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02317-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471074> (дата обращения: 01.06.2021).

Кузнецов, В. А. Газодинамика : учебное пособие для вузов / В. А. Кузнецов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11813-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/476269> (дата обращения: 01.06.2021).

Динамическая метеорология. Общая циркуляция атмосферы : учебное пособие / составители Р. Г. Закинян, А. Р. Закинян. — Ставрополь : СКФУ, 2015. — 159 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155062> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кузьмин, В. И. Физика Земли. Строение атмосферы и гидросферы Земли : учебное пособие / В. И. Кузьмин. — Новосибирск : СГУГиТ, 2017. — 269 с. — ISBN 978-5-906948-49-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157315> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кураев, А. А. Прикладная газодинамика : учебное пособие : в 2 частях : [16+] / А. А. Кураев, А. П. Шашкин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – Ч. 1. Газодинамика. – 122 с. : табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573832> (дата обращения: 01.06.2021). –

Библиогр.: с. 113-114. – ISBN 978-5-7782-3680-6. - ISBN 978-5-7782-3681-3 (ч. 1). – Текст : электронный.

Александров, Д. В. Прикладная гидродинамика : учебное пособие для вузов / Д. В. Александров, А. Ю. Зубарев, Л. Ю. Исакова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07621-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455360> (дата обращения: 01.06.2021).

Арцимович Л.А. Физика плазмы для физиков. - Москва : Атомиздат, 1979. - 317 с.

Брюнелли Б.Е. Физика ионосферы / Б. Е. Брюнелли, А. А. Намгаладзе; Отв. ред. Г. С. Иванов-Холодный, М. И. Пудовкин; АН СССР, Ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М. : Наука, 1988. - 526 с.

Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме / В. Л. Гинзбург. - Изд. 3-е. - Москва : Ленанд, 2014. - 683 с.

Иванов-Холодный Г.С. Прогнозирование состояния ионосферы : (детерминированный подход) / Г. С. Иванов-Холодный, А. В. Михайлов. - Ленинград : Гидрометеоздат, 1980. - 190 с.

Иванов-Холодный Г.С. Солнце и ионосфера : Коротковолновое излучение Солнца и его воздействие на ионосферу / Г. С. Иванов-Холодный, Г. М. Никольский. - Москва : Наука, 1969. - 455 с.

Кринберг И.А. Ионосфера и плазмосфера / И. А. Кринберг, А. В. Ташилин; АН СССР, Сибирское отд-ние, Сибирский ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн ; отв. ред. П. А. Щепкин. - Москва : Наука, 1984. - 189 с.

Лайонс Л. Физика магнитосферы. - Москва : Мир, 1987.

Ляцкий В.Б. Токовые системы магнитосферно-ионосферных возмущений. - Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. - 198 с.

Ляцкий В.Б. Магнитосферно-ионосферное взаимодействие / В. Б. Ляцкий, Ю. П. Мальцев. - М. : Наука, 1983. - 192 с.

Мак-Ивен М., Филлипс Л. Химия атмосфер. - Москва : Мир, 1978

Мальцев Ю.П. Возмущения в магнитосферно-ионосферной системе. - Апатиты : ПГИ КНЦ АН ССР, 1986.

Акасофу С. И. Солнечно-земная физика : [В 2 ч.] / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; Перевод с англ. В. П. Головкова [и др.] ; Под ред. Г. М. Никольского [и др.]. - Москва : Мир, 1974.

Мизун Ю.Г. Полярная ионосфера / Ю. Г. Мизун. - Л. : Наука : Ленингр. отд-ние, 1980. - 216 с.

Сергеев В.А. Магнитосфера Земли / В. А. Сергеев, Н. А. Цыганенко. - М. : Наука, 1980. - 174 с.

Щепкин Л.А. Термосфера Земли : Эксперим. сведения. - М. : Наука, 1980. - 220 с.

### **Задания для самостоятельной работы:**

1. Широтное районирование ионосферы.
2. Экваториальная аномалия. Физическая интерпретация наблюдаемого поведения экваториальной ионосферы.

### **Практическое занятие № 6.**

#### **Физика ионосферы**

#### **План:**

Субавроральная ионосфера. Главный ионосферный провал, провал лёгких ионов и плазмопауза: результаты наблюдений.

Механизмы формирования провала. Теоретическое моделирование субавроральной ионосферы.

Роль магнитосферной конвекции и высыпаний энергичных частиц. Роль процессов наполнения и опустошения плазменных трубок в формировании главного ионосферного провала, провала лёгких ионов и плазмопаузы.

Эффекты несовпадения географического и геомагнитного полюсов. Влияние продольных токов. Температурные эффекты.

Роль вариаций параметров термосферы в поведении высокоширотной и субавроральной ионосферы.

Высокоширотная ионосфера. Нижняя ионосфера высоких широт.

Область F2 высокоширотной ионосферы.

Ионосферные возмущения. Типы ионосферных возмущений. Каналы передачи энергии от Солнца. Общая морфологическая картина и физическая схема развития возмущений.

Ионосферные эффекты ионизирующего волнового и корпускулярного излучения солнечных вспышек. Внезапные ионосферные возмущения. Поглощение в полярной шапке.

Ионосферные эффекты высыпаний энергичных частиц из магнитосферы. Авроральное поглощение. Поглощение на средних широтах.

Эффекты высыпаний в E и F областях ионосферы.

Ионосферные эффекты магнитосферных электрических полей. Ионосферные эффекты магнитосферного кольцевого тока.

Ионосферные эффекты термосферных возмущений. Ионосферные эффекты внутренних гравитационных волн (перемещающиеся ионосферные возмущения). Ионосферные эффекты крупномасштабной термосферной циркуляции (ионосферная буря).

#### Литература:

1. Волощенко, А. П. Нелинейные волновые процессы : учебное пособие : [16+] / А. П. Волощенко, С. П. Тарасов, П. П. Пивнев ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 114 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612323> (дата обращения: 01.06.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3572-9. – Текст : электронный.

2. Васильев, А. А. Физическая метеорология : учебное пособие / А. А. Васильев, Ю. П. Переведенцев. — Казань : КФУ, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-00019-804-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101180> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики и механики. Методы решения : учебник и практикум для вузов / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев, А. И. Журов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 256 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02317-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471074> (дата обращения: 01.06.2021).

Кузнецов, В. А. Гидрогазодинамика : учебное пособие для вузов / В. А. Кузнецов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 120 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11813-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/476269> (дата обращения: 01.06.2021).

Динамическая метеорология. Общая циркуляция атмосферы : учебное пособие / составители Р. Г. Закинян, А. Р. Закинян. — Ставрополь : СКФУ, 2015. — 159 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155062> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кузьмин, В. И. Физика Земли. Строение атмосферы и гидросферы Земли : учебное пособие / В. И. Кузьмин. — Новосибирск : СГУГиТ, 2017. — 269 с. — ISBN 978-5-906948-49-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157315> (дата обращения: 01.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Кураев, А. А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 частях : [16+] / А. А. Кураев, А. П. Шашкин ; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — Ч. 1. Гидродинамика. — 122 с. : табл., ил. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573832> (дата обращения: 01.06.2021). — Библиогр.: с. 113-114. — ISBN 978-5-7782-3680-6. — ISBN 978-5-7782-3681-3 (ч. 1). — Текст : электронный.

Александров, Д. В. Прикладная гидродинамика : учебное пособие для вузов / Д. В. Александров, А. Ю. Зубарев, Л. Ю. Исакова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07621-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455360> (дата обращения: 01.06.2021).

Арцимович Л.А. Физика плазмы для физиков. - Москва : Атомиздат, 1979. - 317 с.

Брюнелли Б.Е. Физика ионосферы / Б. Е. Брюнелли, А. А. Намгаладзе; Отв. ред. Г. С. Иванов-Холодный, М. И. Пудовкин; АН СССР, Ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М. : Наука, 1988. - 526 с.

Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме / В. Л. Гинзбург. - Изд. 3-е. - Москва : Ленанд, 2014. - 683 с.

Иванов-Холодный Г.С. Прогнозирование состояния ионосферы : (детерминированный подход) / Г. С. Иванов-Холодный, А. В. Михайлов. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1980. - 190 с.

Иванов-Холодный Г.С. Солнце и ионосфера : Коротковолновое излучение Солнца и его воздействие на ионосферу / Г. С. Иванов-Холодный, Г. М. Никольский. - Москва : Наука, 1969. - 455 с.

Кринберг И.А. Ионосфера и плазмосфера / И. А. Кринберг, А. В. Ташилин; АН СССР, Сибирское отд-ние, Сибирский ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн ; отв. ред. П. А. Щепкин. - Москва : Наука, 1984. - 189 с.

Лайонс Л. Физика магнитосферы. - Москва : Мир, 1987.

Ляцкий В.Б. Токовые системы магнитосферно-ионосферных возмущений. - Ленинград : Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. - 198 с.

Ляцкий В.Б. Магнитосферно-ионосферное взаимодействие / В. Б. Ляцкий, Ю. П. Мальцев. - М. : Наука, 1983. - 192 с.

Мак-Ивен М., Филлипс Л. Химия атмосферы. - Москва : Мир, 1978

Мальцев Ю.П. Возмущения в магнитосферно-ионосферной системе. - Апатиты : ПГИ КНЦ АН ССР, 1986.

Акасофу С. И. Солнечно-земная физика : [В 2 ч.] / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; Перевод с англ. В. П. Головова [и др.] ; Под ред. Г. М. Никольского [и др.]. - Москва : Мир, 1974.

Мизун Ю.Г. Полярная ионосфера / Ю. Г. Мизун. - Л. : Наука : Ленингр. отд-ние, 1980. - 216 с.

Сергеев В.А. Магнитосфера Земли / В. А. Сергеев, Н. А. Цыганенко. - М. : Наука, 1980. - 174 с.

Щепкин Л.А. Термосфера Земли : Эксперим. сведения. - М. : Наука, 1980. - 220 с.

#### **Задания для самостоятельной работы:**

1. Теоретическое моделирование субавроральной ионосферы.
2. Ионосферные эффекты термосферных возмущений.