

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

**Физика ионосферы и распространение радиоволн**

по направлению подготовки

**03.03.03 Радиофизика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Радиофизика, электроника и информационные системы**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

М.Л. Громов

Председатель УМК

А.П. Коханенко

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Обладает базовыми знаниями в области математики и физики, необходимыми для освоения специальных дисциплин.

ИОПК 1.2 Обладает базовыми знаниями в области радиофизики, необходимыми для профессиональной деятельности.

ИОПК 1.3 Применяет базовые знания в области физики и радиофизики при осуществлении профессиональной деятельности.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить научный, методический и технический аппараты в области физики ионосферы.

– Научиться применять понятийный аппарат основ физики ионосферы, теории распространения радиоволн в околоземной плазме, радиофизических методов исследования ионосферы Земли и современных методов прогноза устойчивой радиосвязи.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)». Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы. Дисциплина входит в модуль «Солнечно-земная физика».

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Седьмой семестр, зачет

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математический анализ», Физика», «Методы математической физики», «Дифференциальные уравнения», «Численные методы и математическое моделирование», «Электродинамика».

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:

-лекции: 34 ч.

-практические занятия: 0 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

### **Тема 1. Основные понятия и свойства ионосферы Земли**

Частично ионизированные газы. Определение плазмы. Понятие квазиэлектронейтральности плазмы. Плазменные колебания. Временной и пространственный масштабы квазиэлектронейтральности. Радиусы Дебая. Структура и основные характеристики ионосферы Земли. Стратификация атмосферы по составу и тепловому режиму. Частоты соударений в ионосфере. Геомагнитное поле, модель диполя. Образование магнитосферы Земли. Структура и основные характеристики магнитосферы.

Тема 2. Классификация и общая характеристика методов математического описания ионосферы Земли.

Микроскопический метод описания ионосферы. Свободное движение заряженной частицы в магнитном поле. Движение заряженной частицы под действием постоянной силы в магнитном поле. Дрейфовое приближение. Виды дрейфа, электрический дрейф и его особенности. Движение заряженной частицы при наличии столкновений. Замагниченность плазмы.

Кинетический метод описания ионосферы. Функция распределения и кинетические уравнения. Схема получения системы уравнений магнитной гидродинамики из кинетических уравнений по методу Грэда. Анализ системы уравнений сохранения МГД (массы, импульса, энергии) для ионосферной плазмы.

Закон Ома в плазме. Проводимость плазмы. Вмороженность магнитного поля в плазме. Диэлектрическая проницаемость плазмы.

### **Тема 3. Распространение радиоволн в ионосфере Земли**

Уравнение Максвелла для плоских гармонических волн. Общие свойства плоских электромагнитных волн в плазме в присутствии постоянного магнитного поля. Показатель преломления плазмы. Распределение энергии волны в плазме. Объемная поляризация плазмы в поле волны. Уравнение движения электрона в поле волны.

Распространение волн в направлении магнитного поля. Случай подвижных лишь электронов. Характеристические волны. Дисперсионные кривые. Свистящие атмосферерики ( $n > 1$ ). Распространение волн в направлении магнитного поля для общего случая подвижных электронов и ионов.

Распространение волн в направлении перпендикулярном магнитному полю. Случай подвижных только электронов. Обыкновенные и необыкновенные волны. Дисперсионные кривые.

Взаимодействие волн и частиц. Затухание (усиление) волн.

### **Тема 4. Радиофизические методы исследования ионосферы Земли.**

Метод вертикального радиозондирования ионосферы. Аппаратура и основные принципы ее работы. Понятие трехмерной ионограммы. Амплитудная, фазовая и частотная модуляция волновых пакетов.

Метод наклонного радиозондирования ионосферы. ЛЧМ-ионозонды.

Метод возвратно-наклонного радиозондирования ионосферы.

Метод пассивного радиозондирования ионосферы.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет в седьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей и содержит два теоретических вопроса и дополнительные устные вопросы преподавателя по предмету обучения. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=00000>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

– Голант В.Е. Основы физики плазмы: учебное пособие: [для студентов, аспирантов, инженеров и научных работников, интересующихся физикой плазмы и ее приложениями] / В.Е. Голант, А.П. Жилинский, И.Е. Сахаров. – Изд. 2-е, испр. И доп. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2016. – 447, [1] с.: ил., табл.- (Учебники для вузов. Специальная литература)

– Колесник А.Г. Волны в околоземной плазме: [учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 010800 – Радиофизика и по специальности 010801 – Радиофизика и электроника] / А.Г. Колесник; Том. Гос. Ун-т. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. – 219 [1] с.: ил.- (Инновационная образовательная программа)

– Колесник А.Г., Колесник С.А., Побаченко С.В. Электромагнитная экология: учебное пособие: [для студентов вузов, обучающихся по направлению 010800 - Радиофизика и по специальности 010801 - Радиофизика и электроника] / Том. гос. ун-т. - Томск: ТМЛ-Пресс, 2009. – 333 с.

б) дополнительная литература:

– Брюнелли Б.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы // Издание: Наука, Москва, 1988 г., 527 стр

– Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы / Д.А. Франк-Каменецкий. – 3-е изд. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 278 с.: ил.- (Физтеховский учебник)

– А.Г. Колесник, И.А. Голиков, В.И. Чернышев. Математические модели ионосферы. – Томск: „РАСКО”, 1993. – 250 с.

– Дэвис К. Радиоволны в ионосфере / К. Дэвис; пер. с англ. И.В. Ковалевского, А.П. Кропоткина; под ред. А.А. Корчака. – М.: Мир, 1973. – 502 с.

– Ратклифф Д. Введение в физику ионосферы и магнитосферы / Дж. Ратклифф; ред. В. В. Рыбин. – М.: Мир, 1975. – 296 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– Арцимович Л.А. Физика плазмы для физиков / Л.А. Арцимович, Р.З. Сагдеев. – М. : Атомиздат, 1979. – 316, [4] с. URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000075571/000075571.pdf>

– Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы : [Учебное пособие для инженерно-физических и физико-технических вузов]. – 2-е изд. – М. : Атомиздат, 1968. – 282 с. URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000087025/000087025.djvu>

- Грач С.М., Каменецкая Г.Х. Волны в плазме (вводный курс). Часть 1. // Учебное пособие. Н. Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета, 2002, 84 с. URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/grach.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/grach.pdf)
- Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме : [Монография]. – Москва: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1967, 684 с. URL: [http://ikfia.ysn.ru/images/doc/plasma\\_Physics/Ginzburg1967ru.pdf](http://ikfia.ysn.ru/images/doc/plasma_Physics/Ginzburg1967ru.pdf)
- Электронно-библиотечная система «Лань» (доступ из сети НИ ТГУ). – URL: <http://e.lanbook.com/>
- Scopus: база данных цитирования издательства Elsevier (доступ из сети НИ ТГУ). – URL: <http://www.scopus.com/>
- Web of Science: база данных цитирования компании Clarivate Analytics (доступ из сети НИ ТГУ). – URL: <http://webofknowledge.com/WOS>
- Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

### **13. Перечень информационных технологий**

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
  - Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
  - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- б) информационные справочные системы:
 

|                                                                                                                                               |     |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---|
| – Электронный каталог Научной библиотеки                                                                                                      | ТГУ | – |
| <a href="http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&amp;theme=system">http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&amp;theme=system</a> |     |   |
| – Электронная библиотека (репозиторий)                                                                                                        | ТГУ | – |
| <a href="http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index">http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index</a>                           |     |   |
| – ЭБС Лань – <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>                                                                        |     |   |
| – ЭБС Консультант студента – <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>                                        |     |   |
| – Образовательная платформа ЮПайт – <a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>                                                         |     |   |
| – ЭБС ZNANIUM.com – <a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>                                                                   |     |   |
| – ЭБС IPRbooks – <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>                                                          |     |   |

### **14. Материально-техническое обеспечение**

- Аудитории для проведения занятий лекционного типа.
- Аудитории для проведения индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.
- Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.
- Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

### **15. Информация о разработчиках**

Колесник Сергей Анатольевич, РФФ НИ ТГУ, кандидат физ. – мат. наук, доцент.