

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

**Методические указания для самостоятельной работы
при изучении дисциплины (модуля)**

Дисциплина	<u>Б1.В.ДВ.05.01 Физика ионосферы</u> <small>код и наименование дисциплины</small>
Специальность	<u>11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы</u> <small>код и наименование специальности</small>
Специализация	<u>Радиоэлектронные системы передачи информации</u> <small>наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы</small>
Разработчик	<u>канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент Волков М.А.</u> <small>уч. степень, уч. звание, должность, ФИО</small>

Мурманск
2019

Составитель – Волков Михаил Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования 19 ноября 2019 г., протокол № 8.

1.Цель дисциплины:

- формирование компетенций в эксплуатационно-технической области профессиональной деятельности, в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и учебным планом для специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.

2.Задачи дисциплины:

- дать необходимые знания по основам физики ионосферы как среды распространения радиоволн. Основное внимание уделить процессам в полярной ионосфере, где помимо волнового излучения важную, а порой определяющую роль ионизирующего источника играет корпускулярное излучение, что позволит находить оптимальный подход к решению вопросов организации и эксплуатации систем и средств радиосвязи, радиолокации, радионавигации в высоких широтах.

3.Содержание основных разделов дисциплины:

Глава 1. Введение в спецкурс

Глава 2. Строение околоземного космического пространства

Глава 3. Основы физики плазмы

Глава 4. Нейтральная атмосфера Земли

Глава 5. Процессы в ионосфере и высотное распределение ионосферных параметров

Глава 6. Вариации ионосферных параметров

Глава 7. Ионосферные измерения

4. Планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.

Компетенции ФГОС

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Результаты обучения
1.	ПСК-2.2 способность оценивать основные показатели качества систем передачи информации с учетом характеристик каналов связи	Компоненты компетенции полностью соотносятся с содержанием дисциплины.	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы физики ионосферы как среды распространения информационно-навигационных радиосигналов; - современные методы и средства получения информации об ионосфере; - элементы гелио-магнитосферно-ионосферных связей. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять самостоятельно особенности ионосферы в различных гелио-геофизических условиях; - ориентироваться в многообразии современных технических средств получения информации о полярной ионосфере. <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками выявления и анализа особенностей ионосферы в различных гелио-геофизических условиях; - навыками моделирования распределения электронной концентрации в разных условиях на различным образом ориентированных радиотрассах.
2.	ПК-11 способностью к реализации программ экспериментальных исследований, в том числе в режиме удаленного доступа, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных	Компоненты компетенции полностью соотносятся с содержанием дисциплины.	<p>знать: аппаратуру обслуживаемых радиоэлектронных систем и комплексов и ее функционирование для исследования физических процессов ионосферы</p> <p>уметь: осуществлять эксплуатацию и техническое обслуживание радиоэлектронных систем и комплексов исследования физических процессов ионосферы</p> <p>владеть: навыками эксплуатации и технического обслуживания радиоэлектронных средств для исследования физических процессов ионосферы</p>

Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки по формам обучения			
	Заочная			
	Л	ЛР	ПР	СР
<p>Глава 1. Нейтральная атмосфера</p> <p>1.1. Общее строение верхней атмосферы. Атмосферные слои. Энергетический баланс в атмосферных слоях.</p> <p>1.2. Гидростатическое равновесие атмосферы и его устойчивость.</p> <p>1.3. Диффузное равновесие атмосферы.</p> <p>1.4. Ветры в атмосфере. Ветры в тропосфере, геотрофический ветер в средней атмосфере, термический ветер в верхней атмосфере.</p> <p>1.5. Колебания в атмосфере. Приливы, внутренние гравитационные и акустические волны.</p>	1	2	0	6
<p>Глава 2. Ионизирующее электромагнитное и корпускулярное излучение</p> <p>2.1. Радиативная и ударная ионизация атомов и молекул. Диссоциация молекул. Сечение поглощения, ионизации и диссоциации.</p> <p>2.2. Спектр электромагнитного излучения Солнца. Ультрафиолетовое, рентгеновское и гамма – излучения Солнца.</p> <p>2.3. Корпускулярное ионизирующее излучение Солнца.</p> <p>2.4. Высыпания высокоэнергичных частиц из магнитосферы.</p> <p>2.5. Ионизация космическими лучами.</p>	1	2	0	6
<p>Глава 3. Основные физические процессы в ионосфере</p> <p>3.1. Ионизация и диссоциация. Чепменовская функция ионообразования.</p> <p>3.2. Скорость ионообразования корпускулярным излучением.</p> <p>3.3. Рекомбинация. Чепменовские α- и β-слои. Двухступенчатая рекомбинация.</p> <p>3.4. Фотохимия ионосферы.</p> <p>3.5. Диффузия плазмы в ионосфере.</p> <p>3.6. Тепловой баланс. Кинетика сверхтепловых электронов.</p>	1	0	0	6
<p>Глава 4. Структура ионосферных слоев</p> <p>4.1. Скорость ионообразования в ионосфере.</p> <p>4.2. Рекомбинация в ионосфере. E и F1 слои.</p> <p>4.3. Диффузия в ионосфере и F2-слой.</p> <p>4.4. D-слой.</p>	1	0	0	6

<p>Глава 5. Пространственные и временные вариации ионосферы.</p> <p>5.1. Полярная ионосфера.</p> <p>5.2. Авроральная и субавроральная ионосфера, полярные сияния.</p> <p>5.3. Экваториальная ионосфера.</p> <p>5.4. Суточные и сезонные вариации ионосферы. Земная аномалия.</p> <p>5.5. Ионосферные эффекты магнитных суббурь.</p> <p>5.6. Численные модели ионосферы.</p>	0	0	0	6
<p>Глава 6. Ионосфера и плазмосфера</p> <p>6.1. Геомагнитное поле, магнитное сопряжение.</p> <p>6.2. Диффузное равновесие ионосферы и плазмосферы.</p>	0	0	0	6
<p>Глава 7. Электрические поля и токи в ионосфере</p> <p>7.1. Проводимость ионосферной плазмы.</p> <p>7.2. Интегральная проводимость.</p> <p>7.3. Механизм ионосферного динамо.</p> <p>7.4. S_q-вариации.</p> <p>7.5. полярные электроджеты.</p> <p>7.6. Экваториальная электроструя.</p>	1	0	0	6
<p>Глава 8. Движения в ионосфере</p> <p>8.1. Дрейф в электрическом поле, полярные конвективные ячейки.</p> <p>8.2. Полярный ветер.</p> <p>8.3. Перемещающиеся ионосферные возмущения.</p>	0	0	0	6
<p>Глава 9. Гидромагнитные колебания в ионосфере</p> <p>9.1. Уравнения гидромагнитных колебаний ионосферной плазмы.</p> <p>9.2. МГД – волновод в слое F2.</p> <p>9.3. Ионосферный альфвеновский резонатор.</p> <p>9.4. Ионосферные проявления магнитосферных гидромагнитных волн.</p> <p>9.5. Магнитотеллурическое зондирование.</p>	0	0	0	6
<p>Глава 10. Экспериментальные методы исследования ионосферы</p> <p>10.1. Радиозондирование ионосферы.</p> <p>10.2. Метод некогерентного рассеяния.</p> <p>10.3. JPS – томография.</p> <p>10.3. Оптические методы.</p> <p>10.4. Магнитометрические методы.</p> <p>10.5. Баллоны, ракеты, спутники.</p> <p>10.6. Активные эксперименты в ионосфере.</p>	0	0	0	6
Итого:	4	4	0	60

Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	3
1	Исследование состава нейтральной атмосферы	2
2	Исследование проводимости слоя ионосферы	0
3	Исследование скорости образования ионов атмосферных газов с использованием Чепменовской функции	0
4	Исследование овала полярных сияний	2
	Итого:	4

5. Методические рекомендации

5.1 Методические рекомендации по организации работы обучающихся во время проведения лекционных занятий

- В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации для практического занятия и указания для выполнения самостоятельной работы.

- Обучающемуся, в ходе лекционных занятий, необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание изучаемой дисциплины, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве.

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

5.2 Методические указания к выполнению лабораторных работ

- Лабораторные работы сочетают элементы теоретического исследования и практической работы. Выполняя лабораторные работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, так как многие теоретические определения, казавшиеся отвлеченными, становятся вполне конкретными, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.

- Выполнение лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания в практической деятельности;

- развитие аналитических, проектировочных, конструктивных умений;

- выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.

- Лабораторные занятия, как вид учебной деятельности, проводятся в специальной лаборатории кафедры, оборудованной для выполнения лабораторных работ (заданий).

- Форма организации обучающихся для проведения лабораторного занятия – фронтальная, групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы. Оборудование используется в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

- Результаты выполнения лабораторной работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

5.3 Проведение занятий в интерактивной форме

- Интерактивное обучение представляет собой способ познания, осуществляемый в формах совместной деятельности обучающихся, т.е. все участники образовательного процесса взаи-

модействуют друг с другом, совместно решают поставленные проблемы, моделируют ситуации, обмениваются информацией, оценивают действие коллег и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем.

- Интерактивная форма обучения реализуется в виде проблемных лекций, коллективных решениях творческих задач и использовании метода проектов.

- **Проблемная лекция.** На этой лекции новое знание вводится через проблемность вопроса, задачи или ситуации. При этом процесс познания обучающихся в сотрудничестве и диалоге с преподавателем приближается к исследовательской деятельности. Разрешение проблемной ситуации происходит путем организации направления поиска ее решения, выдвижения гипотез и их проверки, решения задач различными способами, нахождения наиболее рационального пути решения и т.д.; анализа полученного результата, обсуждения противоречий или неоднозначности выводов и т.п.

- **Коллективные решения творческих задач.** Под творческими заданиями понимаются такие учебные задания, которые требуют от обучающихся не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат больший или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов, несколько методов решения.

5.4 Методические рекомендации к самостоятельной работе

- Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой обучающихся).

- Самостоятельная работа обучающихся (далее – СРО) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности обучающегося. СРО играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРО должна стать эффективной и целенаправленной работой обучающихся.

- К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом СРО играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

- В процессе самостоятельной работы обучающийся приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

- Формы самостоятельной работы обучающихся разнообразны. Они включают в себя:

- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, патентной, статистической, периодической и научной информации;

- подготовку докладов и рефератов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ;

- участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.

- Самостоятельная работа приобщает обучающихся к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

- Основной формой самостоятельной работы обучающегося является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и лабораторных занятиях.

5.5 Методические рекомендации по решению тестовых заданий

- Тестовая система предусматривает вопросы/задания, на которые обучающийся должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность.

- При отсутствии какого-либо одного ответа на вопрос, предусматривающий множественный выбор, весь ответ считается неправильным.

- Ответы правильные выделяются в тесте подчеркиванием или любым другим символом.

5.6 Методические рекомендации по выполнению контрольных работ

- Контрольная работа является одним из видов учебной работы обучающихся и самостоятельной работы студентов-заочников, формой контроля освоения ими учебного материала по дисциплине, уровня знаний, умений и навыков.

Основные задачи выполняемой работы:

- закрепление полученных ранее теоретических знаний;

- выработка навыков самостоятельной работы;

- определение степени подготовленности студента к будущей практической работе.

- Контрольная работа – это своеобразный письменный экзамен, который требует серьезной подготовки. При подготовке контрольных работ необходимо руководствоваться тематикой, которую рекомендует преподаватель, выбрав один из вариантов. Варианты контрольных работ распределяются преподавателем дисциплины.

- Письменную контрольную работу желательно представить в печатном виде, формат-А-4, шрифт-14, межстрочный интервал-1,5, поля: верхнее поле – не менее 15 мм, нижнее поле – не менее 15 мм, левое поле – не менее 30 мм, правое поле – не менее 15 мм; нумерация страниц в правом верхнем углу обязательна. Объем работы зависит от дисциплины и определяется преподавателем.

Вопросы для самоконтроля

Содержание комплекса заданий по вариантам (не менее 5):

Вариант № 1

1. Записать выражение для высоты однородной атмосферы.
2. Записать уравнение движения электрона в столкновительной немагнитной плазме.
3. Назвать источники ионизации в ионосфере.

Задание № 2

1. Записать уравнение баланса (непрерывности) в ионосфере.
2. Закон рекомбинации на разных высотах ионосферы.
3. Структура ионосферы, зависимость структуры от времени суток и солнечной активности.

Задание № 3

1. Анизотропная проводимость ионосферы, проводимости Педерсена, Холла, Каулинга.
2. Электрическая конвекция ионосферной плазмы.
3. Измерение электрических полей в ионосфере.

Задание № 4

1. Суббурия, электроджет.
2. Возмущение магнитного поля, источники возмущения.
3. Рассчитать продольную проводимость по концентрации и частоте столкновений.

Задание № 5

1. Получить дисперсионное уравнение для электромагнитных волн в холодной немагнитной плазме.
2. Магнитосфера.
3. Барометрическая формула.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература (с грифом)

1. Яковлев О. И., Якубов В. П. Распространение радиоволн. Учебник. М., ЛЕНИЗДАТ. 2009.
2. Носов В.И. Распространение радиоволн и проектирование радиорелейных линий прямой видимости [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Носов В.И.— Электрон. текстовые дан-ные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2010.— 202 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40546.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. И.В.Гончаренко. Антенны КВ и УКВ. М.: РадиоСофт. 2010.

Дополнительная литература

1. О модельном распределении электронной концентрации в высокоширотной ионосфере / А. В. Гурин [и др.]
2. // Вестник МГТУ : тр. Мурман. гос. техн. ун-та. - 2011. - Т. 14, № 3. - С. 638-644.
3. Золотов, О. В.Эффекты землетрясений в вариациях полного электронного содержания ионосферы : автореф. дис. ... канд. физико-мат. наук : 25.00.29 / О. В. Золотов; ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т". - Мурманск, 2015. - 18 с. : ил. - Библиогр.: с. 19. 94 - 3-81
4. Фальковский, О. И. Техническая электродинамика : учебник для вузов / О. И. Фальковский. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2009. - 429, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 423-424. - ISBN 978-5-8114-0980-8 : 389-40; 405-79.
5. Мандель А.Е. Распространение радиоволн [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мандель А.Е., Замотринский В.А.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 163 с.— Режим досту-па: <http://www.iprbookshop.ru/13969.html>.— ЭБС «IPRbooks»