

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,04.01 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 и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций) ¹
1.	ПК-1 Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	Компетенция реализуется полностью	ПК-1.1 Знать методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах. ПК-1.2 Уметь пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов. ПК-1.3 Владеть средствами разработки и создания имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ.

№ п/п	Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы			
		Очная			
		Л	ЛР	ПР	СР
1	2	3	4	5	6
	Глава 1. Нейтральная атмосфера 1.1. Общее строение верхней атмосферы. Атмосферные слои. Энергетический баланс в атмосферных слоях. 1.2. Гидростатическое равновесие атмосферы и его устойчивость. 1.3. Диффузное равновесие атмосферы. 1.4. Ветры в атмосфере. Ветры в тропосфере, геотрофический ветер в средней атмосфере, термический ветер в верхней	2	4	-	2

¹ Для ФГОС ВО 3++

атмосфере. 1.5. Колебания в атмосфере. Приливы, внутренние гравитационные и акустические волны.				
Глава 2. Ионизирующее электромагнитное и корпускулярное излучение 2.1. Радиативная и ударная ионизация атомов и молекул. Диссоциация молекул. Сечение поглощения, ионизации и диссоциации. 2.2. Спектр электромагнитного излучения Солнца. Ультрафиолетовое, рентгеновское и гамма – излучения Солнца	2	4	-	2
Глава 3. Основные физические процессы в ионосфере 3.1. Ионизация и диссоциация. Чеменовская функция ионообразования. 3.2. Скорость ионообразования корпускулярным излучением. 3.3. Рекомбинация. Чепменовские α - и β - слои. Двухступенчатая рекомбинация.	2	4	-	2
Глава 4. Структура ионосферных слоев 4.1. Скорость ионообразования в ионосфере. 4.2. Рекомбинация в ионосфере. E и F1 слои. 4.3. Диффузия в ионосфере и F2-слой. 4.4. D-слой.	2	2	-	4
Глава 5. Пространственные и временные вариации ионосферы. 5.1. Полярная ионосфера. 5.2. Авроральная и субавроральная ионосфера, полярные сияния. 5.3. Экваториальная ионосфера. 5.4. Суточные и сезонные вариации ионосферы. Земная аномалия. 5.5. Ионосферные эффекты магнитных суббурь.	2	4	-	2
Глава 6. Ионосфера и плазмосфера 6.1. Геомагнитное поле, магнитное сопряжение. 6.2. Диффузное равновесие ионосферы и плазмосферы.	1	0	-	4
Глава 7. Электрические поля и токи в ионосфере 7.1. Проводимость ионосферной плазмы. 7.2. Интегральная проводимость. 7.3. Механизм ионосферного динамо. 7.4. S_q -вариации. 7.5. полярные электроджеты. 7.6. Экваториальная электроструя.	2		-	4
Глава 8. Движения в ионосфере 8.1. Дрейф в электрическом поле, полярные конвективные ячейки. 8.2. Полярный ветер. 8.3. Перемещающиеся ионосферные возмущения.	2			4
Глава 9. Гидромагнитные колебания в ионосфере 9.1. Уравнения гидромагнитных колебаний ионосферной плазмы. 9.2. МГД – волновод в слое F2.	2		-	6

	9.3. Ионосферный альфвеновский резонатор. 9.4. Ионосферные проявления магнитосферных гидромагнитных волн. 9.5. Магнитотеллурическое зондирование.				
	Глава 10. Экспериментальные методы исследования ионосферы 10.1. Радиозондирование ионосферы. 10.2. Метод некогерентного рассеяния. 10.3. JPS – томография. 10.3. Оптические методы. 10.4. Магнитометрические методы. 10.5. Баллоны, ракеты, спутники. 10.6. Активные эксперименты в ионосфере.	1		-	6
	Итого за 5 семестр :	18	18		36
	Итого за дисциплину:	18	18	-	36

Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов	№ темы по Таблице 4
1	2	3	4
1	Исследование состава нейтральной атмосферы	4	1
2	Исследование проводимости слоя ионосферы	4	2
3	Исследование скорости образования ионов атмосферных газов с использованием Чепменовской функции	6	3, 4
4	Исследование овала полярных сияний	4	5
	Итого:	18	

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 взаимодействуют 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 доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13969.html>.— ЭБС «IPRbooks»