

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИМА

Баева Л. С.  
Ф.И.О.

  
подпись

«23» января 2019 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина

Б1.В.ДВ.04.01 Физика ионосферы

код и наименование дисциплины

Направление подготовки/специальность

11.05.01 Радиоэлектронные системы и

код и наименование направления подготовки /специальности

КОМПЛЕКСЫ

Направленность/специализация

специализация №2 "Радиоэлектронные системы передачи  
наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы

информации"

Квалификация выпускника

специалист

указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО

Кафедра-разработчик

Радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования

наименование кафедры-разработчика рабочей программы

Мурманск  
2019

**Лист согласования**

1 Разработчик(и)

Часть 1	Должность Доцент	РЭС и ТРО кафедра	Подпись <i>M. Bond</i>	Ф.И.О. Волков М.А
Часть 2	должность	кафедра	подпись	Ф.И.О.
Часть 3	должность	кафедра	подпись	Ф.И.О.

2. Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры-разработчика рабочей программы

Радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования 23.01.2019 г.  
наименование кафедры дата

протокол № 8 \_\_\_\_\_  
(дата, подпись) / / *[Подпись]*  
Борисова Л.Ф.  
Ф.И.О. заведующего кафедры – разработчика

3<sup>1</sup>. Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с выпускающей кафедрой по направлению подготовки /специальности. под-  
Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_  
наименование кафедры

\_\_\_\_\_ дата \_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_ Ф.И.О.

<sup>1</sup> Если кафедра-разработчик является выпускающей, то пункт не заполняется.

## Лист изменений и дополнений, вносимых в РП<sup>2</sup>

к рабочей программе по дисциплине (модулю) «**Физика ионосферы**», входящей в состав ОПОП по направлению подготовки/специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, направленности (профилю)/специализации Радиоэлектронные системы передачи информации, 2019 года начала подготовки.

**Таблица 1. Изменения и дополнения**

№ п/п	Дополнение или изменение, вносимое в рабочую программу в части	Содержание дополнения или изменения	Основание для внесения дополнения или изменения	Дата внесения дополнения или изменения
1.	Титульного листа			
2.	Листа утверждений			
3.	Структуры учебной дисциплины (модуля)			
4.	Содержания учебной дисциплины (модуля)			
5.	Методического обеспечения дисциплины (модуля)			
6.	Структуры и содержания ФОС			
7.	Рекомендуемой литературы			
8.	Перечня интернет ресурсов (ЭБС)			
9.	Перечня лицензионного программного обеспечения, профессиональных баз данных и информационных справочных систем			
10.	Перечня МТО			

Дополнения и изменения внесены « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ г.

<sup>2</sup> Изменения и дополнения в РП п. 1-8,10 таблицы 1 вносятся по необходимости; п. 9 требует ежегодного обновления. Листы изменений и дополнений включаются в структуру РП, их количество соответствует количеству вносимых изменений и дополнений

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Коды циклов дисциплин, модулей, практик	Название циклов, разделов, дисциплин, модулей, практик	Краткое содержание (Цель, задачи, содержание разделов дисциплины, реализуемые компетенции, формы промежуточного контроля, формы отчетности)
1	2	3
Б1.В.ДВ.04.01	Физика ионосферы	<p><b>Цель дисциплины:</b> Подготовить специалиста, владеющего основными положениями теории в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и учебным планом специальности 11.05.01 Радиозлектронные системы и комплексы.</p> <p><b>Задачи дисциплины:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изучить основы физики ионосферы как среды распространения радиоволн;</li> <li>- изучить процессы, происходящие в полярной ионосфере: волновое излучение, корпускулярное излучение;</li> <li>- освоение оптимальных подходов к решению вопросов организации и эксплуатации систем и средств радиосвязи, радиолокации, радионавигации в высоких широтах</li> </ul> <p><b>В результате изучения дисциплины студент должен:</b></p> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы физики ионосферы как среды распространения информационно-навигационных радиосигналов;</li> <li>- современные методы и средства получения информации об ионосфере;</li> <li>- элементы гелио-магнитосферно-ионосферных связей.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять самостоятельно особенности ионосферы в различных гелио-геофизических условиях;</li> <li>- ориентироваться в многообразии современных технических средств получения информации о полярной ионосфере.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками выявления и анализа особенностей ионосферы в различных гелио-геофизических условиях;</li> <li>- навыками моделирования распределения электронной концентрации в разных условиях на различных образом ориентированных радиотрассах.</li> </ul> <p><b><u>Содержание разделов дисциплины:</u></b> Глава 1. Нейтральная атмосфера Глава 2. Ионизирующее электромагнитное и корпускулярное излучение Глава 3. Основные физические процессы в ионосфере Глава 4. Структура ионосферных слоев Глава 5. Пространственные и временные вариации ионосферы Глава 6. Ионосфера и плазмаосфера Глава 7. Электрические поля и токи в ионосфере Глава 8. Движения в ионосфере Глава 9. Гидромагнитные колебания в ионосфере Глава 10. Экспериментальные методы исследования ионосферы</p> <p><b>Реализуемые компетенции:</b> <b>ФГОС ВО</b> ПК-1 Профстандарт 06.005 Инженер-радиоэлектронщик</p> <p><b>Формы отчетности:</b> Семестр 5 – зачет, контрольная работа.</p>

## Пояснительная записка

1. Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», утвержденного 09.02.2018, приказ № 94, профессионального стандарта 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 19.05.2014 № 315н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 09.06.2014 № 32622), с изменениями, внесенными приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12.12.2016 № 727н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 13.01.2017 № 45230), учебного плана в составе ОПОП по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», специализации Радиоэлектронные системы передачи информации, 2019 года начала подготовки, , утвержденного Ученым советом ФГБОУ ВО «МГТУ» (протокол № 7 от 28.02.2019 г).

2. **Целью дисциплины (модуля) «Физика ионосферы»** является формирование компетенций в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и учебным планом для специальности 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы"

### Задачи:

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. Требования к уровню подготовки специалиста в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Физика ионосферы» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы" и профессиональным стандартом 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик»:

**Таблица 2.1. Компетенции ФГОС ВО, формируемые дисциплиной «Физика ионосферы»**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций) <sup>3</sup>
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.

<sup>3</sup> Для ФГОС ВО 3 · 1

**Таблица 2.2. - Обобщённые трудовые функции профессионального стандарта 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик», формируемые дисциплиной «Физика ионосферы»**

№ п/п	Вид деятельности	Трудовая функция из ПС, на основе которой сформулирован индикатор (дескриптор)	Обобщенная трудовая функция
1.	Научно-исследовательский	Анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников	Проведение исследований в целях совершенствования радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения
		Математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров	Проведение исследований в целях совершенствования радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения
2.	Эксплуатационный	Наладка, настройка, регулировка и испытания радиоэлектронных средств и оборудования	Производство, внедрение и эксплуатация радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения

#### 4. Структура и содержание учебной дисциплины (модуля)

**Таблица 3\* - Распределение учебного времени дисциплины**

**Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа**

Вид учебной нагрузки **	Распределение трудоемкости дисциплины по формам обучения											
	Очная				Очно-заочная				Заочная			
	Семестр			Всего часов	Семестр			Всего часов	Курс			Всего часов
	5	-	-		-	-	-		-	-	-	
Лекции	18			18	-	-	-	-				
Практические занятия					-	-	-	-				
Лабораторные работы	18			18	-	-	-	-				
Самостоятельная работа студента	36			36	-	-	-	-				
Подготовка и сдача экзамена					-	-	-	-				
Всего часов по дисциплине	72			72	-	-	-	-				
Формы промежуточного и текущего контроля												
Зачет/зачет оценкой	с	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

\* Разработчикам РП можно убирать столбцы с формами обучения, если данная форма не реализуется в МГТУ

\*\* При отсутствии вида учебной нагрузки ставить прочерк в соответствующей ячейке

Количество контрольных работ	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
------------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Таблица 4 - Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

№ 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
	<p><b>Глава 1. Нейтральная атмосфера</b></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>	2	4	-	2
	<p><b>Глава 2. Ионизирующее электромагнитное и корпускулярное излучение</b></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>	2	4	-	2
	<p><b>Глава 3. Основные физические процессы в ионосфере</b></p> <p>3.1. Ионизация и диссоциация. Чепеновская функция ионообразования.</p> <p>3.2. Скорость ионообразования корпускулярным излучением.</p> <p>3.3. Рекомбинация. Чепеновские <math>\alpha</math>- и <math>\beta</math>- слои. Двухступенчатая рекомбинация.</p>	2	4	-	2
	<p><b>Глава 4. Структура ионосферных слоев</b></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>	2	2	-	4

	<b>Глава 5. Пространственные и временные вариации ионосферы.</b> 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
	<b>Глава 6. Ионосфера и плазмосфера</b> 6.1. Геомагнитное поле, магнитное сопряжение. 6.2. Диффузное равновесие ионосферы и плазмосферы.	1	0	-	4
	<b>Глава 7. Электрические поля и токи в ионосфере</b> 7.1. Проводимость ионосферной плазмы. 7.2. Интегральная проводимость. 7.3. Механизм ионосферного динамо. 7.4. S <sub>q</sub> -вариации. 7.5. полярные электроджеты. 7.6. Экваториальная электроструя.	2		-	4
	<b>Глава 8. Движения в ионосфере</b> 8.1. Дрейф в электрическом поле, полярные конвективные ячейки. 8.2. Полярный ветер. 8.3. Перемещающиеся ионосферные возмущения.	2			4
	<b>Глава 9. Гидромагнитные колебания в ионосфере</b> 9.1. Уравнения гидромагнитных колебаний ионосферной плазмы. 9.2. МГД – волновод в слое F2. 9.3. Ионосферный альфвеновский резонатор. 9.4. Ионосферные проявления магнитосферных гидромагнитных волн. 9.5. Магнитотеллурическое зондирование.	2		-	6
	<b>Глава 10. Экспериментальные методы исследования ионосферы</b> 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
	<b>Итого за 5 семестр :</b>	<b>18</b>	<b>18</b>		<b>36</b>
	<b>Итого за дисциплину:</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>36</b>

Таблица 5. - Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины (модуля), и видов занятий с учетом форм текущего контроля

Перечень компетенций	Виды занятий и оценочные средства <sup>4</sup>					Формы текущего контроля
	Л	ЛР	СР	к/р	РГР	
ПК-1	+	+	+	+	-	Контрольная работа , лабораторная работа

<sup>4</sup> Оценочные средства указываются в соответствии с учебным планом



Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные работы, ПР – практические работы, КР/КП – курсовая работа (проект), р – реферат, к/р – контрольная работа, э – эссе, СР – самостоятельная работа, РГР – расчетно-графическая работа

**Таблица 6 - 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
	<b>Итого:</b>	18	

**Таблица 7 - Перечень практических работ**

№ п\п	Наименование практических работ	Кол-во часов	№ темы по Таблице 2
1	2	3	4
<b>НЕ ПРЕДУСМОТРЕНЫ УЧЕБНЫМ ПЛАНОМ</b>			
	<b>Итого:</b>		

#### **5. Перечень примерных тем курсовой работы (проекта)**

#### **НЕ ПРЕДУСМОТРЕНО УЧЕБНЫМ ПЛАНОМ**

#### **6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) \***

1. Практикум по дисциплине «Физика ионосферы» для специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

#### **7. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств является компонентом ОП, разрабатывается в форме отдельного документа и включает в себя критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования и процедуры оценивания.

#### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

##### **Основная литература**

##### **Основная литература**

1. Брюнелли Б.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы. – М.: Наука, 1988. – 527 с.
2. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. – М.: Мир, 1973. - 504 с.
3. Харгривс Дж.К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Введение в физику околоземной космической среды. – Ленинград Гидрометеиздат, 1982. – 353 с.

##### **Дополнительная литература**

1. Ратклифф Дж. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. - М.: "Мир", 1975. - 296 с.
2. Мизун, Ю.Г. Полярные сияния. - М.: "Наука", 1983. - 140 с.

\*В перечень входят методические указания к: выполнению практических, лабораторных, контрольных, самостоятельных, расчетно-графических, курсовых работ и др.

## 9. Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система ЭБС - <http://www.rucont.ru/>.
2. ЭБС издательства "ЛАНЬ" - <http://e.lanbook.com>.
3. ЭБС BOOK.ru - <http://book.ru/>.
4. ЭБС ibooks.ru - <http://ibooks.ru/>.
5. ЭБС znanium.com издательства "ИНФРА-М" - <http://www.znanium.com>.
6. ЭБС НИТУ "МИСиС" - <http://lib.misis.ru/registr.html>.

## 10. Перечень программного обеспечения, профессиональных баз данных и информационных справочных систем, реквизиты подтверждающего документа.

1. Операционная система Microsoft Windows Vista Business Russian Academic OPEN, лицензия № 44335756 от 29.07.2008 (договор №32/379 от 14.07.08 г.)
2. Офисный пакет Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN, лицензия № 45676388 от 08.07.2009 (договор 32/224 от 14.0.2009 г.).
3. Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader Corporate 9.0 (сетевая версия), 2009 год (договор ЛЦ-080000510 от 28 апреля 2009 г.). Операционная система Microsoft Windows Vista Business Russian Academic OPEN, лицензия № 44335756 от 29.07.2008.

1. Microsoft Office Word.
2. Microsoft Office Excel.
3. Matlab.
4. Свободно распространяемое ПО.

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

Таблица 8. - Материально-техническое обеспечение

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	512 «В» Лаборатория Электродинамики и Распространения радиоволн.	
2.	506 «В» Компьютерный класс.	Компьютерное оборудование. 506В: Количество столов - 8 Количество стульев - 16 Посадочных мест - 16 Доска аудиторная - 1  ПК для проведения виртуальных лабораторных и практических работ - 7 шт.

Таблица 9. - Технологическая карта дисциплины (промежуточная аттестация - зачет)  
Дисциплина Физика ионосферы

№	Контрольные точки	Зачетное количество баллов		График прохождения (неделя сдачи)
		min	max	
<b>Текущий контроль</b>				
1.	<b>Посещение лекций (9 лекций)</b>	27	45	15-ая неделя
	Нет посещений (меньше 5) – 0 баллов, 5 лекций – 27 баллов (56 %) 9 лекций - 45 баллов (100 %)			
2.	<b>Выполнение и защита лабораторных работ</b>	27	45	По расписанию

	<b>(9 раб.)</b>			
	Выполнение и защита одной л/р : 5 баллов - отлично, 4 балла – хорошо. 3 балла – удовл. (выполнение фиксируется преподавателем)			
3.	<b>Контрольная работа</b>	6	10	10,14-ая неделя
	Выполнение к/р – от 6 до 10 баллов. Отлично – 10 баллов, хорошо – 8 баллов, удовлетворительно – 6 баллов			
	<b>ИТОГО за работу в семестре</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	15-ая неделя
<b>Промежуточная аттестация «зачет»</b>				
	<b>ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	
	<p>1. Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине с зачетом, то он считается аттестованным.</p> <p>2. Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине с дифференцированным зачетом, то он считается аттестованным с оценкой согласно шкале баллов для определения итоговой оценки:</p> <p>91 - 100 баллов - оценка «5»,  81-90 баллов - оценка «4»,  60- 80 баллов - оценка «3».</p> <p><b>Итоговая оценка</b> проставляется в экзаменационную ведомость и зачетку обучающегося</p>			

**Таблица 10 - Ведомость для фиксирования результатов текущего контроля (промежуточная аттестация – зачет)**

(заполняется преподавателем в последний рабочий день месяца)

ФИО	Количество баллов					
	Посещение лекций	Выполнение л/р	Выполнение п/р	Защита л/р	Контр. точки	Итого