

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.05.01 Физика ионосферы  
код и наименование дисциплины

**Направление подготовки/специальность** 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы  
код и наименование направления подготовки /специальности

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

**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	кафедра РЭС и ТРО	подпись 	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 <small>наименование кафедры</small>	23.01.2019 г. <small>дата</small>
--	--------------------------------------

протокол № 8	 <small>(дата, подпись)</small>	Борисова Л.Ф. <small>Ф.И.О. заведующего кафедрой – разработчика</small>
--------------	------------------------------------	--

3<sup>1</sup>. Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с выпускающей кафедрой по направлению подготовки /специальности. под-

Заведующий выпускающей кафедрой	 <small>наименование кафедры</small>
---------------------------------	---

 <small>дата</small>	 <small>подпись</small>	 <small>Ф.И.О.</small>
-------------------------	----------------------------	---------------------------

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

### Лист изменений и дополнений, вносимых в РП

к рабочей программе по дисциплине, входящей в состав ОПОП по направлению специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, специализации №2 Радиоэлектронные системы передачи информации, 2017 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.

### 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	Дисциплины (модули)	
<p><u>Б1.В.ДВ.05.0</u> <u>1</u></p>	<p>Физика ионосферы</p>	<p><b>Цель дисциплины:</b> Подготовить специалиста, владеющего основными положениями теории в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и учебным планом специальности 11.05.01 Радиоэлектронные 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 различном 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-11; ПСК-2.2</p> <p><b>Формы отчетности:</b> Курс 3 - зачет, контрольная работа.</p>

## Пояснительная записка

1. Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы", утвержденного №1031 от 11.08.2016, учебного плана  
дата, номер приказа Минобрнауки РФ

в составе ОПОП по направлению подготовки/специальности 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы", направленности специализации "Радиоэлектронные системы передачи информации", 2017 года начала подготовки.

### 2. Цели и задачи учебной дисциплины (модуля)

**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":

**Таблица 1 – Компетенции, формируемые дисциплиной «Физика ионосферы»**

№ 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.	<b>знать:</b> - основы физики ионосферы как среды распространения информационно-навигационных радиосигналов; - современные методы и средства получения информации об ионосфере; - элементы гелио-магнитосферно-ионосферных связей. <b>уметь:</b> - определять самостоятельно особенности ионосферы в различных гелио-геофизических условиях; - ориентироваться в многообразии современных технических средств получения информации о полярной ионосфере. <b>владеть:</b> - 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><b>знать:</b> аппаратуру обслуживаемых радиоэлектронных систем и комплексов и ее функционирование для исследования физических процессов ионосферы</p> <p><b>уметь:</b> осуществлять эксплуатацию и техническое обслуживание радиоэлектронных систем и комплексов исследования физических процессов ионосферы</p> <p><b>владеть:</b> навыками эксплуатации и технического обслуживания радиоэлектронных средств для исследования физических процессов ионосферы</p>

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

Таблица 2\* - Распределение учебного времени дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа

Вид учебной нагрузки**	Распределение трудоемкости дисциплины по формам обучения			
	Заочная			Всего часов
	Курс			
	3	-	-	
Лекции	4	-	-	4
Практические занятия	-	-	-	-
Лабораторные работы	4	-	-	4
Самостоятельная работа студента	60	-	-	60
Подготовка и сдача экзамена	4	-	-	4
Всего часов по дисциплине	72	-	-	72

#### Формы промежуточного и текущего контроля

Экзамен	-	-	-	-
Зачет/зачет оценкой	+	-	-	+

\*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

Курсовая работа (проект)	-	-	-	-
Количество расчетно-графических работ	-	-	-	-
Количество контрольных работ	1	-	-	1
Количество рефератов	-	-	-	-
Количество эссе	-	-	-	-

**Таблица 3\* - 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
<b>Глава 1. Нейтральная атмосфера</b> 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 атмосфере. 1.5. Колебания в атмосфере. Приливы, внутренние гравитационные и акустические волны.	1	2	0	6
<b>Глава 2. Ионизирующее электромагнитное и корпускулярное излучение</b> 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. 2.3. Корпускулярное ионизирующее излучение Солнца. 2.4. Высыпания высокоэнергичных частиц из магнитосферы. 2.5. Ионизация космическими лучами.	1	2	0	6

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

<p><b>Глава 3. Основные физические процессы в ионосфере</b></p> <p>3.1. Ионизация и диссоциация. Чеменовская функция ионообразования.</p> <p>3.2. Скорость ионообразования корпускулярным излучением.</p> <p>3.3. Рекомбинация. Чепменовские <math>\alpha</math>- и <math>\beta</math>-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><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>	1	0	0	6
<p><b>Глава 5. Пространственные и временные вариации ионосферы.</b></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><b>Глава 6. Ионосфера и плазмосфера</b></p> <p>6.1. Геомагнитное поле, магнитное сопряжение.</p> <p>6.2. Диффузное равновесие ионосферы и плазмосферы.</p>	0	0	0	6
<p><b>Глава 7. Электрические поля и токи в ионосфере</b></p> <p>7.1. Проводимость ионосферной плазмы.</p> <p>7.2. Интегральная проводимость.</p> <p>7.3. Механизм ионосферного динамо.</p> <p>7.4. <math>S_q</math>-вариации.</p> <p>7.5. полярные электроджеты.</p> <p>7.6. Экваториальная электроструя.</p>	1	0	0	6
<p><b>Глава 8. Движения в ионосфере</b></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



<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.	0	0	0	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.	0	0	0	6
<b>Итого:</b>	4	4	0	60

**Таблица 4 - Соответствие компетенций ФГОС, формируемых при изучении дисциплины (модуля), и видов занятий с учетом форм контроля**

Перечень компетенции	Виды занятий								Формы контроля
	Л	ЛР	ПР	КР/КП	р	к/р	э	СР	
ПСК-2.2	+	+	-	-	-	+	-	+	Конспект лекций, защита лабораторной работы, контрольная работа
ПК-11	+	+	-	-	-	+	-	+	Конспект лекций, защита лабораторной работы, контрольная работа

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

**Таблица 5 - Перечень лабораторных работ**

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов	№ темы по Таблице 4
1	2	3	4
1	Исследование состава нейтральной атмосферы	2	1
2	Исследование проводимости слоя ионосферы	0	-
3	Исследование скорости образования ионов атмосферных газов с использованием Чепменовской функции	0	-
4	Исследование овала полярных сияний	2	5
	<b>Итого:</b>	4	

## **5. 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»

---

## **6. Фонд оценочных средств (является компонентом ОП, разрабатывается в форме отдельного документа) и включает в себя:**

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **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 Гидрометеоздат, 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.

## **8. Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) \***

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>
- 

## **9. Перечень информационных технологий и лицензионного программного обеспечения, используемых при осуществлении образовательного процесса по**

---

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

дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем\*.

1. Matlab
2. Microsoft Office Word
3. Microsoft Office Excel

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

Таблица 6

№ п.п.	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий	Перечень оборудования и технических средств обучения
1.	511 бВ: "Лаборатория радионавигационных систем" Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации.	Количество столов - 10 Количество стульев - 20 Посадочных мест - 20 Доска аудиторная - 1
2.	510 В «Лаборатория технической защиты информации» Специальное помещение для проведения лабораторных работ, практических занятий.	Количество столов - 3 Количество стульев - 7 Посадочных мест - 7
3.	213С Специальное помещение для самостоятельной работы	Укомплектовано специализированной мебелью и техническими средствами обучения: – доска аудиторная – 1 шт. – персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета: Intel(R) Core(TM) 2 DUO CPU E7200 2,53 ГГц, 1 Гб ОЗУ – 2 шт.; Intel(R) Pentium(R) CPU G840 2,8 ГГц, 2 Гб ОЗУ – 3 шт.; Intel(R) Celeron(R) CPU 2,8 ГГц, 1 Гб ОЗУ – 1 шт.; Intel(R) Pentium(R) 4CPU 2,8 ГГц, 1,5 Гб ОЗУ – 1 шт.;  Посадочных мест – 11

\*Перечень лицензионного программного обеспечения в обязательном порядке согласовывать с Управлением информатизации.

**Таблица 7 - 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</b>	27	45	15-ая неделя
	Нет посещений – 0 баллов, 27 баллов (56 %), 45 баллов (100 %)			
2.	<b>Выполнение и защита лабораторных работ</b>	27	45	По расписанию
	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 8 - Ведомость для фиксирования результатов текущего контроля**  
 (заполняется преподавателем в последний рабочий день месяца)

ФИО	Количество баллов					
	Посеще- ние лекций	Выполне- ние л/р	Выполне- ние п/р	Защита л/р	Контр. точ- ки	Итого