



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
Кафедра общей и космической физики

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан физического факультета  
/ Н.М. Буднев  
17 апреля 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.01.02 Физика ионосферы


Направление подготовки: 03.04.02 Физика


Направленность (профиль) подготовки: Астрофизика высоких энергий

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:  
физического факультета  
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор  
  
Н.М. Буднев

**Рекомендовано кафедрой:**  
общей и космической физики  
Протокол № 8  
от «22» марта 2024 г.  
**Зав.кафедрой** д.ф.-м.н., профессор  
  
Паперный В.Л.

**Иркутск 2024 г.**

## Содержание

<b>I. Цели и задачи дисциплины (модуля)</b> .....	3
<b>II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО</b> .....	3
<b>III. Требования к результатам освоения дисциплины</b> .....	3
<b>IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)</b> .....	4
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	5
4.2. Перечень лекционных занятий.....	6
4.3. Содержание учебного материала .....	7
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	8
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС).....	8
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов ....	9
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....	9
<b>V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	11
а) <i>перечень литературы</i> .....	11
б) <i>периодические издания</i> .....	12
в) <i>список авторских методических разработок</i> .....	12
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i> .....	12
<b>VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	12
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	12
6.2. Программное обеспечение: .....	12
6.3. Технические и электронные средства: .....	13
<b>VII. Образовательные технологии</b> .....	13
<b>VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации</b> .	13
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ: Фонд оценочных средств</b> .....	17

## **I. Цели и задачи дисциплины (модуля)**

Программа разработана в соответствии с основной образовательной программой по направлению подготовки 03.04.02 – физика, профиль «Астрофизика высоких энергий», предназначена для обеспечения курса «Физика ионосферы», изучаемого магистрантами в течение первого семестра.

• Основная *цель* курса – дать магистрантам основные представления о характеристиках ионосферы Земли и методах ее изучения.

Для достижения данной цели поставлены *задачи*:

- Получение и освоение современных знаний о структуре ионосферы и о физических процессах, контролирующих ее состояние и изменчивость.
- Ознакомление с методами описания и математического моделирования процессов в ионосфере Земли.
- Привитие навыков выполнения инженерных расчетов на компьютере основных характеристик верхней атмосферы и ионосферы.

## **II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Физика ионосферы» входит в вариативную часть программы по направлению 03.04.02 – "Физика", профиль «Астрофизика высоких энергий», и изучается магистрантами в первом семестре как базовая для комплексного изучения физики околоземного космического пространства.

## **III. Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:  
ПК-1,:

- Способен использовать астрофизические методы в научных исследованиях (ПК-1).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:**

- общие сведения о строении верхней атмосферы Земли, методах наблюдений за ее состоянием и о значении геофизических исследований в проблеме солнечно-земных связей;
- основные характеристики физических процессов, контролирующих состояние нейтральной атмосферы, ионосферы и плазмосферы.

**Уметь:**

- количественно оценивать основные характеристики верхней атмосферы и ионосферной плазмы;

- выполнять простейшую обработку данных наблюдений;
- использовать математические знания для решения задач физики верхней атмосферы и ионосферы.

**Владеть:**

- основными математическими методами решения физических задач;
- методами обработки экспериментальных данных.

**IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)**

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		3	2	3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	82/2	82/			
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	34/1	34/1			
Практические занятия (ПЗ)	34/1	34/1			
Из них на практическую подготовку	18/0,5	18			
Лабораторные работы (ЛР)					
КСР	4	4			
<i>Консультации</i>	2				
<i>Контроль</i>	8				
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	98	98			
В том числе:	-	-	-	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Конспектирование и решение задач	98	98			
Вид промежуточной аттестации ( <i>зачет, экзамен</i> )					
<b>Контактная работа (всего)</b>	82	82			
Общая трудоемкость	часы	180	180		
	зачетные единицы	5			

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов, в том числе 82 часа контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 18 аудиторных часов (во время выполнения практических работ).

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

**4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					Всего
			Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	
1.	Структура верхней атмосферы	1.1. Общее строение верхней атмосферы. Термосфера и ионосфера. Турбопауза. Гидростатическое равновесие. 1.2. Слоистая структура ионосферы. Региональные и временные (суточные, сезонные, гелиоциклические) вариации основных параметров ионосферных слоев. Ионосферные аномалии.	4	6			8	18
2.	Основные физические процессы в ионосфере	2.1. Ионизирующее излучение Солнца. Ионизация нейтральной атмосферы. Ионизационная функция и теория простого слоя Чепмена. Фотоэлектроны. 2.2. Уравнение баланса ионизации. Фотохимическое равновесие. Типы химических реакций в ионосфере. 2.3. Диффузия в ионосфере. Амби-	6	10			18	34

		полярное приближение.						
3.	Образование ионосферных слоев	3.1. Нижняя ионосфера. Формирование слоев D, E, F1. Образование слоя F2 в среднеширотной ионосфере. 3.2. Тепловая структура среднеширотной ионосферы. 3.3. Взаимодействие ионосферы с плазмосферой.	8	12			18	38
4.	Электродинамика ионосферы	4.1. Проводимость ионосферной плазмы. 4.2. Электродинамические дрейфы в ионосфере.	8				18	26
5	Геофизическое районирование	5.1. Геофизическое районирование околоземного космического пространства. 5.2. Особенности ионосферных процессов в высоких и экваториальных широтах.	4	2			18	24
6	Нерегулярные явления в ионосфере	6.1. Ионосферные возмущения: классификация, морфология, механизмы. 6.2. Реакция ионосферы на солнечные вспышки и магнитные бури.	4	4			18	26

#### 4.2. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 1	Вводная лекция	4	Приведены в п.11	ПК1
2.	Раздел 2	Информационная лекция с элементами лекций-визуализации	6		ПК1
3.	Раздел 3		8		ПК1

4.	Раздел 4	Проблемная лекция	8		ПК1
5.	Раздел 5	Информационная лекция с элементами лекции-визуализации	8		ПК1
6.	Раздел 6		4		

### 4.3. Содержание учебного материала

#### Раздел 1. Структура верхней атмосферы

1.1. Общее строение верхней атмосферы. Термосфера и ионосфера. Турбопауза. Гидростатическое равновесие.

1.2. Слоистая структура ионосферы. Региональные и временные (суточные, сезонные, гелиоциклические) вариации основных параметров ионосферных слоев. Ионосферные аномалии.

#### Раздел 2. Основные физические процессы в ионосфере

2.1. Ионизирующее излучение Солнца. Ионизация нейтральной атмосферы. Ионизационная функция и теория простого слоя Чепмена. Фотоэлектроны.

2.2. Уравнение баланса ионизации. Фотохимическое равновесие. Типы химических реакций в ионосфере.

2.3. Диффузия в ионосфере. Амбиполярное приближение.

#### Раздел 3. Образование ионосферных слоев

3.1. Нижняя ионосфера. Формирование слоев D, E, F1. Образование слоя F2 в среднеширотной ионосфере.

3.2. Тепловая структура среднеширотной ионосферы.

3.3. Взаимодействие ионосферы с плазмосферой.

#### Раздел 4. Электродинамика ионосферы

4.1. Проводимость ионосферной плазмы.

4.2. Электродинамические дрейфы в ионосфере.

#### Раздел 5. Геофизическое районирование

5.1. Геофизическое районирование околоземного космического пространства.

5.2. Особенности ионосферных процессов в высоких и экваториальных широтах.

#### Раздел 6. Нерегулярные явления в ионосфере

6.1. Ионосферные возмущения: классификация, морфология, механизмы.

6.2. Реакция ионосферы на солнечные вспышки и магнитные бури.

#### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Тема 1.2	Слоистая структура ионосферы. Региональные и временные (суточные, сезонные, гелиоциклические) вариации основных параметров ионосферных слоев. Ионосферные аномалии.	6	Собеседование, решение задач	ПК-1
2.	Тема 2.1	2.1. Ионизирующее излучение Солнца. Ионизация нейтральной атмосферы. Ионизационная функция и теория простого слоя Чепмена. Фотоэлектроны.	4	Собеседование, решение задач	
3.	Тема 2.3	Диффузия в ионосфере. Амбиполярное приближение.	6	Собеседование, решение задач	
4.	Тема 3.2	Тепловая структура среднеширотной ионосферы.	6	Собеседование, решение задач	
5.	Тема 3.3	Взаимодействие ионосферы с плазмосферой.	6	Собеседование, решение задач	
6.	Тема 5.2	Особенности ионосферных процессов в высоких и экваториальных широтах.	2	Собеседование, решение задач	
7.	Тема 6.1	Ионосферные возмущения: классификация, морфология, механизмы.	4	Собеседование, решение задач	

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	- изучение теоретической части практических заданий; - оформление отчета; - подготовка к защите	- Оформить отчет по лаб.работе; - ответить на контрольные вопросы; - защитить работу преподавателю	Вся рекомендуемая литература	92
2.	Все темы	Подготовка к зачету		Вся рекомендуемая литература	4



3.	Текущие консультации	2
----	----------------------	---

#### **4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов**

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 студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Самостоятельная работа реализуется:

- 1) Непосредственно в процессе аудиторных занятий, при выполнении лабораторных работ.
- 2) В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- 3) В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

#### **4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)**

Курсовые работы не предусмотрены.

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) перечень литературы**

#### *основная литература*

1. Голант, В. Е. Основы физики плазмы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань, 2011. - 448 с. : ил., граф. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1198-6

#### *дополнительная литература*

1. Акасофу, С. И. Солнечно-земная физика [Текст] : пер. с англ.: в 2 кн. / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; ред. Г. М. Никольский и др. - М. : Мир, 1974 - 1975. - Ч. 2. - 1975. - 512 с
2. Кринберг, И.А. Ионофера и плазмосфера [Текст] : научное издание / И. А. Кринберг, А. В. Тащилин ; ред. П. А. Щепкин ; СО АН СССР, Сиб. ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М. : Наука, 1984. - 189 с. – (2 экз)

#### *Справочная литература*

1. Бауэр З. Физика планетных ионосфер. М.: Мир, 1976
2. Брюнелли В.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы. М.: Наука, 1988
3. Брасье Г., Соломон С. Аэрномия средней атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1987
4. Жеребцов Г.А., Мизун Ю.Г., Мингалев В.С. Физические процессы в полярной ионосфере. М.: Наука, 1988
5. Ратклифф Д. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. М.: Мир, 1975
6. Ришбет Г., Гарриот О. Введение в физику ионосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1975
7. Уиттен Р., Поппов И. Основы аэрномии. Л.: Гидрометеиздат, 1977
8. Харгривс Дж.К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Л.: Гидрометеиздат, 1982
9. Маров М.Я., Колесниченко А.С. Введение в планетную аэрномию. М., Наука, 1987
10. Brekke A. Physics of the Upper Polar Atmosphere. 2th ed. Chichester: Springer Praxis, 2013
11. Prolss G. Physics of the earth's space environment. Springer-Verlag Berlin, 2004

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) перечень литературы**

#### *основная литература*

2. Голант, В. Е. Основы физики плазмы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань, 2011. - 448 с. : ил., граф. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1198-6

#### *дополнительная литература*

3. Акасофу, С. И. Солнечно-земная физика [Текст] : пер. с англ.: в 2 кн. / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; ред. Г. М. Никольский и др. - М. : Мир, 1974 - 1975. - Ч. 2. - 1975. - 512 с
4. Кринберг, И.А. Ионофера и плазмосфера [Текст] : научное издание / И. А. Кринберг, А. В. Тащилин ; ред. П. А. Щепкин ; СО АН СССР, Сиб. ин-т земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн. - М. : Наука, 1984. - 189 с. – (2 экз)

#### *Справочная литература*

1. Бауэр З. Физика планетных ионосфер. М.: Мир, 1976
2. Брюнелли В.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы. М.: Наука, 1988
3. Брасье Г., Соломон С. Аэрномия средней атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1987
4. Жеребцов Г.А., Мизун Ю.Г., Мингалев В.С. Физические процессы в полярной ионосфере. М.: Наука, 1988
5. Ратклифф Д. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. М.: Мир, 1975
6. Ришбет Г., Гарриот О. Введение в физику ионосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1975
7. Уиттен Р., Поппов И. Основы аэрномии. Л.: Гидрометеиздат, 1977
8. Харгривс Дж.К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Л.: Гидрометеиздат, 1982
9. Маров М.Я., Колесниченко А.С. Введение в планетную аэрномию. М., Наука, 1987
10. Brekke A. Physics of the Upper Polar Atmosphere. 2th ed. Chichester: Springer Praxis, 2013
11. Prolss G. Physics of the earth's space environment. Springer-Verlag Berlin, 2004

б) *периодические издания*

- нет необходимости.

в) *список авторских методических разработок*

1. В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу.

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 10 полнотекстовых версий научных журналов по тематике курса
- Информационная система доступа к российским физическим журналам и обзорам ВИНТИ (<http://www.viniti.ru>)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)
- ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Руконт» <http://rucont.ru>
- ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу.

## **VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Для обучения имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием.

Программой предусмотрено использование современных образовательных технологий: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедийные, использование документальных видеоматериалов).

Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов, в ходе которой они могут вычитывать научные статьи по темам курса. Также могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной настенный экран (Classic Solution, 244x244), ноутбук Lenovo B590.

### **6.2. Программное обеспечение:**

- 1) стандартные сервисы глобальной сети Интернет, стандартные средства просмотра презентаций и научных публикаций в электронном виде.
- 2) Microsoft Windows 7 Профессиональная SP1 (код продукта 00371-838-5610583-85989)

- 3) Браузер Google Chrome 58.0.3029.110 (проприетарное программное обеспечение, бессрочно).
- 4) Adobe Acrobat Reader (проприетарное программное обеспечение, автоматическое обновление, бессрочно).

### **6.3. Технические и электронные средства:**

Во время занятий для пояснения поставленных в практических заданиях студентам демонстрируются на экране дополнительные и вспомогательные материалы (презентации, примеры типичных схем, типовые характеристики). В качестве демонстрационного оборудования используется меловая доска. Наглядность обеспечивается путем изображения схем, диаграмм и формул с помощью мела.

## **VII. Образовательные технологии**

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- **практические занятия**, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- **консультации** – еженедельно для всех желающих студентов;
- **самостоятельная внеаудиторная работа** направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- **текущий контроль** за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в виде самостоятельных работ

## **VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

### **8.1.1. Оценочные средства для входного контроля**

Для изучения данного курса студент должен знать основы физики и информатики, уметь пользоваться стандартными поисковыми сервисами сети Интернет. Входной контроль знаний не проводится.

### **8.1.2. Оценочные средства текущего контроля**

Данная дисциплина обеспечивает главным образом формирование профессиональных компетенций (указаны выше) будущих магистров.

Текущий контроль успеваемости магистрантов осуществляется по следующим критериям оценивания уровня приобретенных компетенций:

### **1) Пороговый уровень:**

- (**знание**) дает определения основных понятий
- воспроизводит основные физические факты, идеи
- распознает физические объекты
- знает основные методы решения типовых задач
- (**умение**) умеет работать со справочной литературой
- (**владение**) владеет терминологией предметной области знания
- способен корректно представить знания в математической форме

### **2) Базовый уровень**

- (**знание**) понимает связи между различными физическими понятиями
- имеет представление о физических моделях процессов в солнечной атмосфере
- аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи
- графически иллюстрирует задачу
- (**умение**) применяет методы решения задач в незнакомых ситуациях;
- умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания
- (**владение**) критически осмысливает полученные знания
- способен корректно представить знания в математической форме
- компетентен в различных ситуациях (работа в междисциплинарной команде)
- владеет разными способами представления физической информации

### **3) Высокий уровень**

- (**знание**) фактически и теоретически знает материал курса в пределах области исследования с пониманием границ применимости (знания глубокие, всесторонние)
- (**умение**) творчески подходит к решению физических задач (как теоретических, так и практических)
- умеет абстрагировать проблемы, с которыми сталкивается при решении различных задач;
- (**владение**) может самостоятельно оценивать результаты своей работы;
- способен совершенствовать действие работы, исходя из собственной оценки результатов
- соблюдает нормы литературного языка, преобладает научный стиль изложения

### 8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

**Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:**

**Демонстрационный вариант теста №1  
(Тестовое задание по дисциплине «Физика ионосферы»)**

- 1. Где располагается верхняя атмосфера Земли?**
  - А) выше 10 км;
  - Б) выше 50 км;
  - С) выше 100 км;
  - Д) выше 1000 км.
- 2. Как изменится состав верхней атмосферы на фиксированной высоте при нагревании?**
  - а) отношение атомарной составляющей к молекулярной уменьшится;
  - б) отношение атомарной составляющей к молекулярной увеличится;
  - в) данное отношение не изменится;
- 3. Какая часть спектра солнечного излучения ионизует атмосферу?**
  - А) видимый свет;
  - Б) инфракрасное излучение;
  - С) ультрафиолетовое излучение.
- 4. Какая область ионосферы в наибольшей степени поглощает энергию падающей радиоволны и почему?**
  - А) F-область;
  - Б) D-область;
  - С) E-область.
- 5. На каком уровне образуется максимум F2-области ионосферы?**
  - А) где преобладает действие ветров;
  - Б) где преобладает действие диффузии;
  - С) где действие ветров сравнимо с диффузией;
  - Д) где воздействия диффузии и фотохимии сравнимы;
- 6. На какой высоте ионосферная плазма становится полностью замагниченной?**
  - А) выше 90 км;
  - Б) выше 150 км;
  - С) выше 300 км;
  - Д) выше 500 км.
- 7. Что является причиной полярных сияний?**
  - А) разогрев атмосферы во время магнитных бурь;
  - Б) солнечные вспышки;
  - С) потоки магнитосферных электронов;
  - Д) усиление потока солнечного ветра.
- 8) Какая сила не дает атмосфере «упасть» на Землю?**
  - А) удержание магнитным полем Земли;
  - Б) центробежная сила за счет вращения Земли;
  - С) сила притяжения Земли;
  - Д) давление атмосферных газов.
- 9) Как изменится дальность КВ-радиосвязи при опускании ионосферного слоя?**
  - А) увеличится;
  - Б) уменьшится;
  - С) останется неизменной.
- 10) Радиоволны какой длины используются в спутниковой радиосвязи?**
  - А) длинные;

- Б) ультракороткие;
- С) средние;
- Д) короткие.

### Вопросы и задания к зачету

1. Общее строение верхней атмосферы. Атмосферные слои, терминология.
2. Гидростатическое равновесие.
3. Вертикальное строение ионосферы.
4. Пространственно-временная структура ионосферы.
5. Высокоширотная ионосфера.
6. Экваториальная ионосфера.
7. Химические реакции в ионосферной плазме.
8. Фотохимическое равновесие и формирование нижней ионосферы (слои D, E, F1).
9. Амбиполярная диффузия.
10. Диффузия ионосферной плазмы и образование среднеширотного F2-слоя.
11. Скорость фотоионизации в однородной атмосфере. Теория простого слоя.
12. Образование D – области ионосферы.
13. Образование E и F1-слоев ионосферы.
14. Образование F2-области ионосферы.
15. Взаимодействие ионосферы с плазмосферой.
16. Проводимость ионосферной плазмы.
17. Ионосферное динамо. Генерация электрических полей в ионосфере.
18. Геофизическое районирование околоземного космического пространства.
19. Особенности ионосферных процессов в высоких широтах.
20. Особенности ионосферных процессов в экваториальных широтах.
21. Типы ионосферных возмущений.
22. Спорадический E-слой. Морфология и механизмы образования.
23. Реакция ионосферы на солнечные вспышки.
24. Ионосферные бури.

### Типовые задания к зачету

1. Оцените полную массу атмосферы Земли и сравните ее с массой Земли. Средняя плотность Земли  $5 \text{ г/см}^3$ , средний радиус Земли 6300 км.
2. Получите уравнение для определения уровня перехода от области фотохимического равновесия к диффузионному равновесию.
3. Характерное время жизни атома X в бинарной реакции равно 15 минутам. Вычислите долю атомов X, которая останется после 45 мин.
4. Найдите максимальное значение скорости фотоионизации, высотный профиль которой имеет вид:

$$q(z) = q_0 \exp(1 - z - \text{sec} \chi \cdot \exp(-z)).$$

5. Концентрация XY в атмосфере определяется следующими реакциями



Выведите уравнение, которое связывает равновесные концентрации XY и Y<sub>2</sub>.

6. Может ли в дневных условиях F2 слой образоваться ниже 200 км?
7. Вычислите величину электронной концентрации, если значения альфа и бета слоев Чепмена равны соответственно  $3 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$  и  $2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ .
8. Плотность тока в ионосфере определяется выражением

$$\vec{j} = \sigma_0 (\vec{E} \cdot \vec{b}) \vec{b} + \sigma_p \vec{b} \times (\vec{E} \times \vec{b}) + \sigma_H (\vec{b} \times \vec{E}),$$

где  $\sigma_0$ ,  $\sigma_p$ ,  $\sigma_H$  - продольная, педерсеновская и холловская проводимости;  $\vec{E}$  – вектор электрического поля;  $\vec{b}$  – единичный вектор магнитного поля. Выведите выражение для тензора проводимости в дипольной системе координат  $(\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$ , полагая



$$\vec{E} = E_1 \vec{e}_1 + E_2 \vec{e}_2 + E_3 \vec{e}_3; \quad \vec{b} = -\vec{e}_2.$$

9. Во сколько раз объем дипольной силовой трубки с  $L = 5$  больше объема трубки с  $L = 2$  ?

10. Во сколько раз время заполнения силовой трубки с  $L = 5$  больше времени заполнения трубки с  $L = 2$  ?

11. Объясните поведение F2-слоя ионосферы при усилении меридионального нейтрального ветра, направленного к полюсу и к экватору.

### Разработчики:

Заведующий лабораторией ИСЗФ, д.ф.-м.н.  
(занимаемая должность)

А.В., Тащилин  
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ  
« 22 » марта 2024 г.

Протокол № 8, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**