



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
2022 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 № 33 от «31» марта 2022 г.

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

Рекомендовано кафедрой:
общей и космической физики

Протокол № 8
от «14» марта 2022 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор
Паперный В.Л.

Иркутск 2022 г.

Содержание

I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины	3
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)	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
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	10
а) <i>перечень литературы</i>	10
б) <i>периодические издания</i>	11
в) <i>список авторских методических разработок</i>	11
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	11
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	11
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	11
6.2. Программное обеспечение:	11
6.3. Технические и электронные средства:	12
VII. Образовательные технологии	12
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации .	12
ПРИЛОЖЕНИЕ: Фонд оценочных средств	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			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	76/2	76/			
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	36/1	36/1			
Практические занятия (ПЗ)	36/1	36/1			
Из них на практическую подготовку	18/0,5	18			
Лабораторные работы (ЛР)					
КСР	4	4			
Самостоятельная работа (всего)	98	98			
В том числе:	-	-	-	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Конспектирование и решение задач	98	98			
Вид промежуточной аттестации (<i>зачет, экзамен</i>)					
Контактная работа (всего)	82	82			
<i>Консультации</i>	2				
<i>Контроль</i>	4				
Общая трудоемкость	часы	180	180		
	зачетные единицы	5			

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов, в том числе 86 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-	8	12			18	38

		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	8		ПК1
3.	Раздел 3		48		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.	6	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	94
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

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 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:

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

5. Концентрация XY в атмосфере определяется следующими реакциями



Выведите уравнение, которое связывает равновесные концентрации XY и Y₂.

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 σ_0 , σ_p , σ_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
« 14 » марта 2022 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.