

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Полярный геофизический институт»
(ПГИ)

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора ПГИ
д.ф.-м.н. Б.В. Козелов



«03» октября 2016г.

Протокол Ученого совета
№ 6 от «30» сентября 2016 г.

Рабочая программа по дисциплине
«Методы исследования нижней ионосферы и ее влияние на распространение радиоволн»

подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлениям подготовки кадров высшей квалификации

05.06.01 «Науки о земле»

(профиль 25.00.29 - Физика атмосферы и гидросферы)

16.06.01 «Физико-технические науки и технологии»

(профиль 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, 01.04.03 - Радиофизика)

Квалификация (степень)

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная, заочная

Апатиты
2016

Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Методы исследования нижней ионосферы и ее влияние на распространение радиоволн» относится к обязательной части ООП и осваивается в течение второго года аспирантуры.

Целями освоения дисциплины являются:

теоретическая подготовка аспирантов к решению научных задач, формирование у аспирантов современного представления об основных физических явлениях в нижней ионосфере и методах их экспериментального исследования, овладение аспирантами знаний радиофизических методов расчета полей в холодной плазме и в волноводе Земля-ионосфера, ознакомление с практическими применениями физических наук в этой области, приобретение навыков наземных измерений электромагнитных полей и обработки полученных данных, а также формирование у аспирантов профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 25.00.29 - физика атмосферы и гидросферы.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-1	<p>З1 (ПК-1) Знать основные направления современных научных исследований в области физики ионосферы, включающие применение современной аппаратуры, численного моделирования процессов распространения радиоволн с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</p> <p>У1 (ПК-1) Уметь самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области исследования нижней ионосферы и ее влияния на распространение радиоволн и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.</p> <p>В1 (ПК-1) Владеть навыками проведения научных исследований области исследования нижней ионосферы и ее влияния на распространение радиоволн с учетом характеристик и возможностей современной аппаратуры и информационных технологий.</p>
ПК-2	<p>З1 (ПК-2) Знать основные направления современных научных исследований в области физики ионосферы, включающие применение современной аппаратуры, методов статистической обработки результатов наблюдений и решения обратных задач, а также численного моделирования процессов распространения радиоволн с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</p> <p>У2 (ПК-2) Уметь количественно оценивать основные характеристики верхней атмосферы и ионосферной плазмы по результатам измерений, применять модели ионосферы и методы решения прямых и обратных задач в решении конкретных геофизических задач исследования влияния нижней ионосферы на распространение радиоволн.</p> <p>В2 (ПК-2) Владеть основными математическими методами решения физических задач, методами обработки экспериментальных данных и навыками работы с пакетами численной обработки экспериментальных данных.</p>

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-3	<p>ЗЗ (ПКЗ) Знать основные типы современных геофизических приборов и систем сбора данных, применяемых при проведении наземных измерений электромагнитных полей в волноводе Земля-ионосфера.</p> <p>УЗ (ПКЗ) Уметь производить измерения в обсерваториях и полевых условия и производить первичную обработку полученных данных.</p> <p>ВЗ (ПКЗ) Владеть навыками работы с основными измерительными приборами и современной научной аппаратурой при проведении экспериментов.</p>

Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 72 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (34 часа занятия лекционного типа, 12 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия), 8 часов групповые консультации, 8 часов мероприятия промежуточной аттестации (экзамен)), 74 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Распределение нагрузки по часам					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации, экзамен	Всего	
Тема 1. Введение в курс «Методы исследования нижней ионосферы и ее влияние на распространение радиоволн»	4	2				2	2
Тема 2. Основные физические процессы, контролирующие состояние околоземного космического пространства	8	2	2			4	4
Тема 3. Ионосферные слои механизмы их образования, пространственно-временные вариации их параметров	12	4	2			6	6
Тема 4. Влияние солнечных вспышек и магнитосферных возмущений на нижнюю ионосферу	16	6	2			8	8
Тема 5. Экспериментальные методы исследования ионосферы	12	4	2			6	6
Консультация, экзамен	20				8	8	12

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе					
		Распределение нагрузки по часам					Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации, экзамен	Всего	
Тема 6. Аналитические и численные модели распространения радиоволн СНЧ/ОНЧ диапазонов в ионосфере и волноводе Земля-ионосфера	28	8	4	2		14	14
Тема 7. Методы и аппаратура для наземных наблюдений электромагнитных полей СНЧ/ОНЧ диапазонов	12	4		2		6	6
Тема 8. Методы статистической обработки цифровых данных	16	4		4		8	8
Консультация, экзамен	8				8	8	8
Итого	144	34	12	8	16	70	74

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде решений и последующей проверки домашних контрольных работ, а также в рамках занятий практического и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

Образовательные технологии

Занятия по дисциплине проходят в форме лекций и практических занятий, на которых разбирается решение задач, проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области. Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних заданий и теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы.

При изучении курса используются современные образовательные технологии. Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерное моделирование, разбор конкретных ситуаций, тренинги по решению практических задач) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Предусматривается участие в семинарах с представителями российских и зарубежных научных организаций.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная проработка лекционного и дополнительного материала, решение домашних заданий с последующей выборочной проверкой навыков решения задач.

Вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Перечень вопросов для текущего контроля:

1. Опишите межпланетное магнитное поле (ММП, IMF) и его секторную структуру.
2. Чем отличаются зоны корпускулярных вторжений в спокойных и возмущенных

условиях?

3. Каковы основные особенности вариаций электронной концентрации в области D ?

4. Каковы основные особенности вариаций электронной концентрации в области E ?

5. Перечислите факторы, формирующие структуру высокоширотной и полярной ионосферы.

6. Опишите процессы переноса в ионосферной плазме.

7. Перечислите основные факторы влияния солнечных вспышек на ионосферу Земли.

8. Как воздействуют солнечные вспышки на электрические токи в ионосфере?

9. Охарактеризуйте ионизацию верхней атмосферы рентгеновским излучением солнечных вспышек.

10. С чем связано ракурсное рассеяние радиоволн на мелкомасштабных искусственных ионосферных неоднородностях?

11. Опишите основные методы измерения движений ионосферной плазмы.

12. Каким образом производятся измерения полного электронного содержания?

13. Дайте описание основных методов исследования нижней ионосферы?

14. Опишите образование и морфологию ионосферных слоев.

15. Обоснуйте роль диффузии в формировании основного максимума ионосферы.

16. Дайте развернутую характеристику геомагнитной активности и её основных индексов (трёхчасовой K -индекс, A_k -индекс, A_p -индекс, D_{st} -индекс).

17. Чем обусловлена сопряженность полярных сияний в северном и южном полушариях.

18. Опишите особенности ионосферных возмущений в высокоширотной ионосфере.

19. Охарактеризуйте основные виды модификации ионосферной плазмы мощным КВ-радиоизлучением.

20. Дайте развернутую характеристику методам исследования ионосферы, основанных на отраженных от неё радиоволнах.

Перечень вопросов для промежуточной аттестации:

1. Основные исторические этапы исследований верхней атмосферы, ионосферы, магнитосферы и ОКП.

2. Механизмы возбуждения шумановского и альвеновского резонаторов.

3. Космические лучи как раннее предупреждение об геоэффективных выбросах корональных масс.

4. Фотоионизация, фотохимические и рекомбинационные процессы в ионосфере.

5. Процессы переноса в ионосферной плазме.

6. Проводимость и электродинамические дрейфы в ионосфере.

7. Структура внешней ионосферы и экзосферы.

8. Структура высокоширотной и полярной ионосферы.

9. Корпускулярная ионизация и её роль в образовании регулярной ионосферы.

10. Ионосферные неоднородности и их классификация.

11. Главное геомагнитное поле Земли.

12. Геомагнитная активность и индексы геомагнитной активности.

13. Ионосферно-магнитосферные возмущения: классификация, морфология и механизмы.

14. Ионизация верхней атмосферы рентгеновским излучением солнечных вспышек.

15. Полярные сияния.

16. Особенности ионосферных возмущений в высокоширотной ионосфере.

17. Ионосферно-магнитосферное взаимодействие во время геомагнитных бурь.

18. Тонкая структура возмущенной мощным КВ-радиоизлучением области ионосферы в высоких широтах.

19. Радиопросвечивание и радиотомография ионосферы.

20. Риометрические измерения космических радишумов.

21. Радиолокационные исследования неоднородной структуры нижней ионосферы

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

ПК-1: владение основами теории фундаментальных разделов физики атмосферы и гидросферы

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)					
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»
Знать Основные физические процессы, влияющие на состояние нижней ионосферы, аналитические и численные модели распространения радиоволн	отсутствие каких-либо знаний в рамках данного материала	наличие грубых ошибок при изложении основного материала	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материалом, однако с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей
Уметь применять полученные знания для решения научно-исследовательских и прикладных задач	Полная неспособность приступить к решению какой бы то ни было задачи в рамках указанного материала	Решение стандартных задач с грубыми ошибками.	Умение решать стандартные задачи с негрубыми ошибками	Умение решать стандартные задачи с неточностями, не носящими принципиального характера.	Умение решать стандартные задачи с незначительными погрешностями	Умение решать задачи повышенной сложности с незначительными погрешностями
Владеть навыками анализа явлений в нижней ионосфере и ее влияния на распространение радиоволн	Полное отсутствие соответствующих навыков	Владение навыками анализа явлений в нижней ионосфере и ее влияния на распространение радиоволн однако с грубыми ошибками.	Владение навыками анализа явлений в нижней ионосфере и ее влияния на распространение радиоволн с негрубыми ошибками	Владение навыками анализа явлений в нижней ионосфере и ее влияния на распространение радиоволн с неточностями, не носящими принципиального характера	Владение навыками анализа явлений в нижней ионосфере и ее влияния на распространение радиоволн с незначительными погрешностями в стандартных ситуациях	Владение навыками анализа явлений в нижней ионосфере и ее влияния на распространение радиоволн с незначительными погрешностями в нестандартных ситуациях
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %

ПК-2 – владение способностью анализировать и интерпретировать полученные результаты исследований, в том числе с использованием методов статистической обработки результатов

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)					
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»
Знать Экспериментальные методы исследования ионосферы и методы обработки и статистического анализа данных.	отсутствие каких-либо знаний в рамках данного материала	наличие грубых ошибок при изложении основного материала	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материалом, однако с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей
Уметь применять полученные знания для решения научно-исследовательских и прикладных задач	Полная неспособность приступить к решению какой бы то ни было задачи в рамках указанного материала	Решение стандартных задач с грубыми ошибками.	Умение решать стандартные задачи с негрубыми ошибками	Умение решать стандартные задачи с неточностями, не носящими принципиального характера.	Умение решать стандартные задачи с незначительными погрешностями	Умение решать задачи повышенной сложности с незначительными погрешностями
Владеть навыками обработки данных экспериментов с использованием методов статистического анализа	Полное отсутствие соответствующих навыков	Владение навыками навыками обработки данных экспериментов с использованием методов статистического анализа однако с грубыми ошибками.	Владение навыками анализа навыками навыками обработки данных экспериментов с использованием методов статистического анализа с негрубыми ошибками	Владение навыками навыками обработки данных экспериментов с использованием методов статистического анализа с неточностями, не носящими принципиального характера	Владение навыками навыками обработки данных экспериментов с использованием методов статистического анализа с незначительными погрешностями в стандартных ситуациях	Владение навыками навыками обработки данных экспериментов с использованием методов статистического анализа с незначительными погрешностями в нестандартных ситуациях
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %

ПК-3 – владение навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении эксперимента

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)					
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»
Знать Экспериментальные мето-	отсутствие каких-либо знаний в	наличие грубых ошибок при	знание основного материала с	знание основного материалом,	знание основного материала с	знание основного материала без

ды исследования ионосферы и аппаратуру для наземных наблюдений электромагнитных полей СНЧ/ОНЧ диапазонов	рамках данного материала	изложении основного материала	рядом негрубых ошибок	однако с рядом заметных погрешностей	незначительными погрешностями	ошибок и погрешностей
Уметь применять полученные знания для решения научно-исследовательских и прикладных задач	Полная неспособность приступить к решению какой бы то ни было задачи в рамках указанного материала	Решение стандартных задач с грубыми ошибками.	Умение решать стандартные задачи с негрубыми ошибками	Умение решать стандартные задачи с неточностями, не носящими принципиального характера.	Умение решать стандартные задачи с незначительными погрешностями	Умение решать задачи повышенной сложности с незначительными погрешностями
Владеть навыками проведения экспериментов и первичного анализа результатов	Полное отсутствие соответствующих навыков	Владение навыками проведения экспериментов и первичного анализа результатов однако с грубыми ошибками.	Владение навыками проведения экспериментов и первичного анализа результатов с негрубыми ошибками	Владение навыками проведения экспериментов и первичного анализа результатов с неточностями, не носящими принципиального характера	Владение навыками проведения экспериментов и первичного анализа результатов с незначительными погрешностями в стандартных ситуациях	Владение навыками проведения экспериментов и первичного анализа результатов с незначительными погрешностями в нестандартных ситуациях
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %

Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает решение одной задачи по разделу курса, отличному от освещенных при ответе на теоретические вопросы.

Оценка	Уровень подготовки
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим

	<p>материалом. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит исчерпывающие, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение уверенно применять на практике приобретенные навыки, владение в полной мере методиками решения задач.</p> <p>100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий</p>
Отлично	<p>Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит почти полные, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше</p>
Очень хорошо	<p>Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями; неполно отвечает на дополнительные вопросы; приводит достаточно аргументированные и почти полные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами; или исчерпывающее решение приводится только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена с заметными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.</p>
Хорошо	<p>В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит почти полные решения всех сформулированных в билете задач с некоторыми недочетами; или исчерпывающее решение приведено только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена со значительными погрешностями. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей и не всегда полной обоснованностью выводов, демонстрирующих, в целом, знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.</p>
Удовлетворительно	<p>Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит неполные, слабо аргументированные решения всех сформулированных в билете задач.</p>

	Изложение решений и полученные ответы не отличаются стройной логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, что говорит о не достаточно полном понимании общефизических и профессиональных дисциплин, умении применять на практике лишь некоторые приобретенные навыки, владении не всеми изученными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора; приводит решения сформулированных в билете задач с грубыми недочетами, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки, не владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, демонстрирует полное непонимание сформулированных в билете задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- устные и/или письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающие одну или несколько задач.

По сложности ПКЗ разделяются на простые (стандартные) и комплексные задания. Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия, применяются для оценки умений. Комплексные задания (задания повышенной сложности) требуют поэтапного решения и развернутого ответа с применением нестандартных подходов к решению. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Ионосфера. Образование ионосферных слоев. Фотохимические процессы в ионосфере. Фотоионизация. Ионизирующее излучение Солнца. Поглощающие свойства атмосферы. Ионизационная функция. Фотоэлектроны. Рекомбинационные процессы. Классификация реакций. Эффективный коэффициент рекомбинации. Уравнение непрерывности. Образование ионосферных слоев. Уравнение простого слоя. Особенности фотохимии в областях *D*, *E*, *F* ионосферы.
2. Морфология ионосферных слоев. Область *D*. Область *E*. Регулярный слой *E*. Слой *E* - спорадический. Ионосферные неоднородности. Классификация, радиофизические и

геофизические аспекты проявления (замирания радиосигналов, явление F -рассеяния и т.п.). Основы теории генерации и движения неоднородностей. Динамический режим ионосферы и взаимодействие различных слоев (сводка экспериментальных данных). Внешняя ионосфера и экзосфера. Плазмосфера и ее роль в формировании ионосферы.

3. Процессы переноса в ионосферной плазме. Уравнения движения электронов и ионов. Взаимодействие с нейтралами. Проводимость ионосферной плазмы. Электродинамические дрейфы в ионосфере. Принципы динамотеории. Диффузия в ионосфере. Амбиполярное приближение. Роль диффузии в формировании основного максимума ионосферы.

4. Нерегулярные явления в ионосфере. Эффекты солнечных вспышек. Эффекты магнитных бурь. Ионосферные возмущения: классификация, морфология, механизмы. Особенности ионосферных процессов в высокоширотной ионосфере. Ионосферно - магнитосферное взаимодействие.

5. Высокоширотная ионосфера. Формирование высокоширотной ионосферы. Корпускулярная ионизация, механизмы образования регулярной ионосферы. Ионосферные неоднородности, механизмы формирования ионосферных неоднородностей. Структура высокоширотной ионосферы. Геофизическое районирование (субавроральный провал, главный ионосферный провал, ионосфера авроральной зоны, ионосфера полярной шапки).

6. Экспериментальные исследования верхней и средней атмосферы. Радиофизические методы исследования. Основы теории распространения электромагнитных волн в ионосферной плазме. Метод вертикального радиозондирования (наземный и спутниковый варианты). Наклонное зондирование. Возвратно-наклонное зондирование. Метод частичных отражений. Кросс-модуляция и нелинейные эффекты при распространении радиоволн в ионосферной плазме. Измерение поглощения радиоволн в ионосфере. Метод некогерентного рассеяния. Эксперименты по распространению радиоволн с использованием ракет и ИСЗ (метод дисперсионного интерферометра, фарадеевское вращение плоскости поляризации и т.п.). Метод разнесенного приема и его модификации. Радиолокация метеорных следов и искусственных образований. Оптические методы исследований. Свечение ночного неба (эмиссии 557,7 нм и 630 нм). Серебристые облака. Полярные сияния. Исследования в оптическом диапазоне со спутников (космический мониторинг).

7. Другие методы наблюдений за состоянием верхней атмосферы. Прямые измерения параметров ионосферной плазмы с помощью ИСЗ и ракет (зондовые, масс-спектрометрические, инжекционные). Акустический метод. Инфразвуковые измерения. Особенности экспериментальных исследований высокоширотной ионосферы (радиофизические, оптические, магнитные, ракетно-спутниковые).

Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Для оценки сформированности компетенции ПК-1: владение основами теории фундаментальных разделов физики атмосферы и гидросферы

Задача 1.1

Средняя тепловая скорость электронов в плазме равна $4,2 \cdot 10^9$ см/с. Какое расстояние электроны пробегают в среднем за период плазменных колебаний, если концентрация электронов плазмы $N_e = 10^8$ м⁻³? Чему равна температура плазмы?

Задача 1.2

Оценить скорость циклотронного вращения заряженной частицы в магнитном поле Земли (вблизи экватора), при которой скорость ее градиентного дрейфа совпадает со скоростью гравитационного дрейфа в поле тяжести.

Задача 1.3

Рассчитать скорость гравитационного дрейфа и период обращения электрона вокруг Земли вдоль экватора на высоте, равной радиусу Земли. Магнитное поле Земли считать дипольным с величиной индукции у поверхности Земли 0.35 Гс

Задача 1.4

Найти величину магнитного поля, в котором за счёт электронного циклотронного резонанса плазма эффективно поглощает электромагнитное излучение с периодом 3.57 мкс.

Задача 1.5

Можно ли считать идеальной плазму E-слоя ионосферы Земли, хорошо отражающего радиоволны с частотой ниже 10 МГц? Температура электронов E-слоя близка к потенциалу ионизации составляющего слой ионизированного молекулярного кислорода (11,7 эВ).

Задача 1.6

Групповая или фазовая скорость выше у электромагнитной волны, распространяющейся в холодной плазме? Рассчитать длину волны с частотой 0,22 ТГц в плазме с концентрацией электронов $n_e = 10^{14} \text{ см}^{-3}$.

Для оценки сформированности компетенции ПК-2: владение способностью анализировать и интерпретировать полученные результаты исследований, в том числе с использованием методов статистической обработки результатов

Задача 2.1

Фазовая скорость одной электромагнитной волны, распространяющейся в холодной плазме, в 3,14 раза больше, чем у другой. Как различаются их групповые скорости?

Задача 2.2

Электромагнитная волна с частотой ω падает на плазму, в которой $\omega_{pe} \gg \omega$. Найти расстояние характерного спада амплитуды волны при концентрации электронов плазмы $N_e = 10^{11} \text{ м}^{-3}$.

Задача 2.3

Найти и проанализировать вертикальный профиль «волнового сопротивления» (отношения электрического поля к магнитному) в ионосферном альфвеновском резонаторе на частотах максимума и минимума коэффициента отражения.

Задача 2.4

Куда направлен вектор Пойнтинга в электромагнитной волне, распространяющейся в плазме низкого давления? Как его величина зависит от амплитуды колебаний, от частоты, от длины волны вдоль и поперек магнитного поля?

Для оценки сформированности компетенции ПК-3: владение навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении эксперимента

Задача 3.1

Проведены измерения горизонтальной компоненты магнитного поля. Построить динамический спектр, спектр мощности и оценить плотность распределения вероятности значений измеренной величины.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Л. Лайонс, Д. Уильямс. Физика магнитосферы, М: Мир, 1987.
2. И. Акасофу, С. Чепмен. Солнечно – земная физика, ч. 2, М.: Мир, 1975.
3. Харгривс Д. К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Введение в физику околоземной космической среды. — Гидрометеиздат. Ленинград, 1982.
4. Ратклифф Д. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. М.: Мир, 1975.
5. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. Физматгиз, 1947.
6. Эгеланд А., Холтер О., Омхолт А. Космическая Геофизика. — М. Мир, 1976.
7. Митра А. Воздействие солнечных вспышек на ионосферу Земли. — М.: Мир, 1977.
8. Белоглазов М.И., Ременец Г.Ф. Распространение сверхдлинных волн в высоких широтах. Л., Наука, 1982, 237 с.
9. K. G. Budden. Radio Waves in the Ionosphere: The Mathematical Theory of the Reflection of Radio Waves from Stratified Ionised Layers. University Press, 1961 - 542 pp.

10. Никольский, В. В. & Никольская, Т. И. Электродинамика и распространение радиоволн М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989, 544 С.
11. Бендат Д., Пирсол А. Применение корреляционного и спектрального анализа. — Мир, 1983.
12. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. — СПб.: Питер, 2003.

б) дополнительная литература:

1. Wait J. R. Electromagnetic Waves in Stratified Media, 2nd ed. — Pergamon, New York, 1970.
2. Wait J. R., Spies K. P. Characteristics of the Earth-ionosphere waveguide for VLF radio waves. — Tech. Note 300, Natl. Bur. of Stand., Boulder, Colo., 1964.
3. А. Н. Тихонов В. Я. А. Методы решения некорректных задач. — М.: Наука, 1986. — 288с.
4. Халфин Л. А. Статистический подход к решению некорректных задач геофизики. — Л.: Наука, 1978. — 81 с.
5. Рытов С. М. Введение в статистическую радиофизику. Ч. 1. Случайные процессы.
6. Чалмерс Д. А. Атмосферное электричество. — Л: Гидрометеиздат, 1974. — 420 с.
7. Тихонов АН., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1972.
8. Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ. М.: Мир, 1981.
9. Уиттен Р., Поппов И. Основы аэрономии. ГМИЗ, 1977.
10. Брюнелли В.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы. М.: Наука, 1988.
11. Кошелев В.В., Климов Н.Н., Сутырин Н.А. Аэрономия мезосферы и нижней термосферы. М.: Наука, 1983.
12. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. Л.: Гидрометиздат, 1970.

Ресурсы сети Интернет

Ресурсами по рабочей программе являются:

- научная библиотека eLIBRARY.RU, более 20 полнотекстовых версий журналов по тематике курса;
- хранилище электронных копий всех издаваемых компанией Springer журналов <http://www.springerlink.com/>;
- научная библиотека ПГИ РАН.

Рекомендуемые специализированные программные средства

Оформление программ и расчеты производятся в среде свободного ПО: «octave» под управлением ОС LINUX, а также в программе математико-статистического моделирования R.

Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты

имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 25.00.29 - Физика атмосферы и гидросферы

Автор  к.ф.-м.н., доцент Ю. В. Федоренко

Программа одобрена на заседании Ученого совета ПГИ
от « 30 » сентября 2016 года, протокол № 6.

Ученый секретарь  к.ф.-м.н. К. Г. Орлов