

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Полярный геофизический институт»  
(ПГИ)**



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

« 17 » октября 2016г.

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

**ПРОГРАММА**

**вступительного экзамена в аспирантуру**

Направление подготовки

**16.06.01 «Физико-технические науки и технологии»**

Направленность (профиль)

**01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы**

Квалификация (степень)

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

**Очная, заочная**

Апатиты  
2016

## I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа составлена в соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.11.2013 г. № 1250 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)» и на основании письма Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.06.2011 г. «О формировании основных образовательных программ послевузовского профессионального образования» на основе программы, разработанной экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации по физике.

В основу программы вступительного экзамена по профилю «Механика жидкости, газа и плазмы» направления подготовки 16.06.01 «Физико-технические науки и технологии» положены физика магнитосферы и солнечного ветра, физика нейтральной атмосферы и ионосферы, основы физики плазмы, основы газовой динамики. Настоящая программа охватывает следующие базовые разделы: термодинамика и статистическая физика, строение атмосферы, динамика атмосферы, физика Солнца, климатология, физика тропосферы, средней и верхней атмосферы.

## II. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### ЧАСТЬ 1. ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ

1. Основы термодинамики и статистической физики.
  - 1.1. Термодинамические параметры. Состояние систем и превращения в них. Уравнения состояния для газов.
  - 1.2. Первый, второй и третий законы термодинамики.
  - 1.3. Модель вещества, используемая классической статистической физикой. Фазовое пространство.
  - 1.4. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема.
  - 1.5. Каноническое и большое каноническое распределения Гиббса.
2. Основы гидроаэромеханики.
  - 2.1. Скорости и перемещения точек бесконечно малого объема сплошной среды.
  - 2.2. Тензор скоростей деформаций и смысл его компонент.
  - 2.3. Уравнение неразрывности.
  - 2.4. Уравнения движения сплошной среды в напряжениях.
  - 2.5. Интегральная и дифференциальная записи закона сохранения энергии.
  - 2.6. Система уравнений гидромеханики идеальной нетеплопроводной жидкости.
  - 2.7. Модель вязкой (ньютоновской) жидкости, подчиняющейся закону теплопроводности Фурье, и общая система уравнений гидромеханики для нее.
3. Магнитная гидродинамика.
  - 3.1. Уравнение неразрывности массы, уравнение движения и уравнение энергии.
  - 3.2. Уравнения электромагнитного поля.
  - 3.3. Закон Ома и обобщенный закон Ома.
  - 3.4. Уравнение индукции и следствия из него.
  - 3.5. Безразмерные параметры.
  - 3.6. Основные закономерности поведения магнитных силовых трубок.
  - 3.7. Основные закономерности поведения токового слоя.
4. Введение в физику плазмы.

- 4.1. Плазма в природе и лабораторных системах.
  - 4.2. Условия идеальности плазмы. Экранировка заряда и поля в плазме. Колебания электронов плазмы.
  - 4.3. Упругие и неупругие процессы столкновения частиц плазмы.
  - 4.4. Процессы образования и разрушения заряженных частиц в частично ионизованном газе.
  - 4.5. Квазинейтральность и разделение зарядов.
  - 4.6. Плазма как сплошная среда.
  - 4.7. Идеальная проводимость и дрейфовое движение.
  - 4.8. Вмороженность магнитного поля в плазму.
  - 4.9. Модель двух жидкостей и проводимость плазмы,
  - 4.10. Движение отдельных частиц. Условие замагниченности заряженных частиц плазмы.
  - 4.11. Электростатические волны в плазме в отсутствие магнитного поля,
  - 4.12. Электромагнитные волны в плазме в отсутствие магнитного поля.
  - 4.13. Магнитогидродинамические волны в плазме.
  - 4.14. Затухание и возбуждение волн в плазме.
5. Кинетическая теория газов и плазмы.
- 5.1. Молекулярная структура газа. Элементарная кинетическая теория.
  - 5.2. Одночастичная функция распределения и вывод кинетического уравнения для нее.
  - 5.3. Вывод интеграла столкновений Больцмана. Интеграл столкновений заряженных частиц.
  - 5.4. Решение уравнения Больцмана для равновесного состояния.
  - 5.5. Н-теория Больцмана.
  - 5.6. Кинетическое уравнение Власова и уравнения самосогласованного поля.
6. Уравнения переноса газов и плазмы.
- 6.1. Исходные кинетические уравнения для многокомпонентной смеси нейтральных и заряженных частиц.
  - 6.2. Вывод уравнений сохранения массы, импульса и энергии.
  - 6.3. Квазигидродинамическое приближение.
  - 6.4. Основные положения метода Чепмена-Энскога.
  - 6.5. Метод моментов, 13-моментное приближение.
  - 6.6. Условия микроскопичности среды и линейные соотношения переноса. Гидродинамические уравнения.

## **ЧАСТЬ 2. ФИЗИКА НЕЙТРАЛЬНОЙ АТМОСФЕРЫ И ИОНОСФЕРЫ**

1. Стратификация земной атмосферы по температуре и составу.
  - 1.1. Распределение температуры с высотой и основные «сферы».
  - 1.2. Распределение с высотой давления и плотности атмосферы. Барометрическая формула.
  - 1.3. Состав приземного воздуха. Изменение состава с высотой. Понятие о гомосфере и гетеросфере.
2. Динамика атмосферы.
  - 2.1. Уравнения движения нейтральной атмосферы.
  - 2.2. Крупномасштабные ветры и циркуляция атмосферы.
  - 2.3. Турбулентность атмосферы и ее роль в аэрономии.
  - 2.4. Волновые и приливные движения атмосферы.

- 2.5. Экспериментальные методы исследования атмосферы.
3. Воздействие солнечного излучения на земную атмосферу.
  - 3.1. Поглощение электромагнитного излучения. Чепменовская функция ценообразования.
  - 3.2. Ионизация корпускулами.
  - 3.3. Законы рекомбинации.
  - 3.4. Вертикальный перенос плазмы и его учет в уравнении неразрывности массы.
  - 3.5. Нагрев атмосферы.
4. Закономерности структуры ионосферы.
  - 4.1. Область D, ее поведение и связь с нижней атмосферой.
  - 4.2. Поведение областей E и F1. Поведение параметров области F, их вариации и аномалии
  - 4.3. Верхняя часть ионосферы.
5. Образование ионосферных областей.
  - 5.1. Ионизация. Потенциалы ионизации атмосферных газов.
  - 5.2. Реакции исчезновения ионов и электронов.
  - 5.3. Фотохимические процессы в области D.
  - 5.4. Фотохимия областей E и F1.
  - 5.5. Образование области F2.

### **ЧАСТЬ 3. ФИЗИКА МАГНИТОСФЕРЫ И СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА**

1. Солнечный ветер.
  - 1.1. Солнечная атмосфера. Активность солнца и ее цикличность.
  - 1.2. Происхождение солнечного ветра. Секторная структура межпланетного магнитного поля.
  - 1.3. Экспериментальные сведения о параметрах солнечного ветра вблизи орбиты Земли.
  - 1.4. Геометрические параметры обтекания солнечным ветром магнитосферы Земли и их вариации.
  - 1.5. Ударная волна. Параметры плазмы в переходном слое.
2. Плазменные оболочки земной магнитосферы.
  - 2.1. Характеристики плазмы в магнитосфере вблизи ее границы.
  - 2.2. Плазма в долях хвоста магнитосферы.
  - 2.3. Плазменный слой в хвосте магнитосферы.
  - 2.4. Плазма в области замкнутых силовых линий.
3. Поля и токи в магнитосфере.
  - 3.1. Электрические поля в магнитосфере и их генерация. Конвекция плазмы.
  - 3.2. Электрические токи в магнитосферно-ионосферной плазме.
4. Структура магнитосферы и зоны вторжения частиц в ионосферу Земли.
  - 4.1. Полярные сияния как следствие вторжения в атмосферу высокоэнергичных электронов и протонов.
  - 4.2. Классификация зон вторжения.
  - 4.3. Отождествление областей вторжения с областями магнитосферы.
  - 4.4. Дискретные структуры вторжений и их связь с плазменными оболочками

магнитосферы.

5. Возмущения геомагнитного поля.
- 5.1. Магнитные бури.
- 5.2. Полярные магнитные суббури.

## ЛИТЕРАТУРА

1. де Бур Я. Введение в молекулярную физику и термодинамику. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1962. - 277 с.
2. Терлецкий Я.П. Статистическая физика. М., Высш. шк. 1966. - 236 с.
3. Климонтович Ю.Л. Статистическая физика. М., Наука, 1982. - 608 с.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М., Наука, 1987.-840 с.
5. Жермен П. Курс механики сплошных сред. Пер. с фр. М., Высш. шк., 1983. - 399 с.
6. Рахматулин Х.А., Сагомоян А.Я., Бунимович А.И., Зверев И.Н. Газовая динамика, М., Высш. шк., 1965. - 722 с.
7. Бёрд Г. Молекулярная газовая динамика, Пер. с англ. М., Мир, 1981.-320 с.
8. Прист Э.Р. Солнечная магнитогидродинамика. Пер. с англ. М., Мир, 1985. - 592 с.
9. Александров А.Ф., Богданкевич Л.С., Рухадзе А.А. Основы электродинамики плазмы. М., Высш. шк., 1988. - 424 с.
10. Куликовский А.Г., Любимов Г.А. Магнитная гидродинамика. М., Физматгиз, 1962.-246 с.
11. Баранов В.Б., Краснобаев К.В. Гидродинамическая теория космической плазмы. М., Наука, 1977.-336 с.
12. Бай-Ши-и. Магнитная газодинамика и динамика плазмы. Пер. с англ. М., Мир. 1964.-302с.
13. Франк-Каменецкий Д.А. Лекции по физике плазмы. М., Атомиздат, 1968. - 286 с.
14. Смирнов Б.М. Введение в физику плазмы. М., Наука, 1982. - 224 с.
15. Спитцер Л. Физика полностью ионизованного газа. Пер. с англ. М., Мир. 1965. - 212 с.
16. Голант В.Е., Жилинский А.П., Сахаров И.Е. Основы физики плазмы. М.. Атомиздат, 1977. - 384 с.
17. Чен Ф. Введение в физику плазмы. Пер. с англ. М., Мир, 1987. - 398 с.
18. Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З. Физика плазмы для физиков. М., Атомиздат, 1979. - 320 с.
19. Чепмен С., Каулинг Т. Математическая теория неоднородных газов. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1960. - 510 с.
20. Силин В.П. Введение в кинетическую теорию газов. М., Наука, 1971. - 332 с.
21. Митчнер М., Кругер Ч. Частично ионизованные газы. Пер. с англ. М., Мир., 1976.-496 с.
22. Жданов В.М. Явления переноса в многокомпонентной плазме. М., Энергоиздат., 1982.-176 с.
23. Алексеев Б.В. Математическая кинетика реагирующих газов. М., Наука, 1982. - 424 с.
24. Ратклифф Дж. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. Пер. с англ. М.. Мир, 1975 -296 с.
25. Ришбет Г., Гарриот О.К. Введение в физику ионосферы. Пер. с англ. Л., Гидрометеоиздат, 1975. - 304 с.
26. Уиттен Р., Поппов И. Основы аэрономии. Пер. с англ. Л., Гидрометеоиздат, 1977. - 408 с.

27. Чемберлен Дж. Теория планетных атмосфер. Пер. с англ. М., Мир, 1981. - 352 с.
28. Космическая геофизика. Под ред. А.Эгеланда, О.Хольтера, А.Омхольта. Пер. с англ. М., Мир, 1976. - 544 с.
29. Физические основы прогнозирования магнитосферных возмущений / М.И.Пудовкин, В.П.Козелов, Л.Л.Лазутин, О.А.Трошичев, А.Д.Чертков. Л., Наука, 1977.-312с.
30. Исаев С.И., Пудовкин М.И. Полярные сияния и процессы в магнитосфере Земли. Л., Наука, 1972. - 244 с.
31. Сергеев В.А., Цыганенко Н.А. Магнитосфера Земли. М., Наука, 1980. - 174 с.
32. Акасофу С.И., Чепмен С. Солнечно-земная физика, т.1 и 2. М., Мир, 1974 и 1975. - 384 с. и 512 с.
33. Харгривс Дж.К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. Пер.с англ. Л., Гидрометеиздат, 1982.-352 с.
34. Арыков А.А. Токовые системы геомагнитной бури. Апатиты, изд. КНЦ РАН. 1999. -74 с.

Ученый секретарь ПГИ  
к.ф.-м.н.

К. Г. Орлов

Согласовано с

зам. директора по науке  
д.ф.-м.н.

В.В. Сафаргалеев