

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики  
Российской академии наук» (ИПФ РАН)

УТВЕРЖДАЮ:



Зам. директора по научной работе

М.Ю. Глявин

«15» апреля 2022 г.

## Рабочая программа дисциплины

### Науки об атмосфере и климате

---

Уровень образования

высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

Научная специальность

1.6.18. Науки об атмосфере и климате

(шифр, наименование)

Форма обучения

очная

---

Нижний Новгород

2022

## 1. Место и цели дисциплины в структуре программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Дисциплина «Науки об атмосфере и климате» относится к числу специальных дисциплин программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – программы аспирантуры), является обязательной для освоения и изучается на втором году обучения, в четвертом семестре.

Освоение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, сформированные на двух предшествующих уровнях образования и на первых годах обучения в аспирантуре. В частности, на знания, умения и навыки, полученные в ходе освоения таких дисциплин, как «Геофизическая электродинамика», «Механика сплошных сред», «Термодинамика», «Физика колебательных и волновых процессов», «Обратные задачи физической диагностики» и т.п.

Основной целью освоения дисциплины является формирование у аспирантов фундаментальных знаний о физических и химических процессах в атмосфере Земли, их механизмах и взаимосвязях.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Аспирант, освоивший дисциплину «Науки об атмосфере и климате», должен:

Знать химический состав и строение атмосферы Земли, причины и последствия влияния человеческой деятельности на состав атмосферы; основные физические процессы в атмосфере Земли; причинно-следственные связи, ведущие к изменениям климата.

Знать основные нерешенные научные проблемы, обсуждаемые в рамках данной дисциплины; недавние и планируемые новаторские эксперименты, а также активно действующие в рамках рассматриваемых тематик научные коллективы.

Уметь систематизировать основные источники знаний о химическом составе атмосферы Земли, анализировать результаты использования простейших моделей; объяснять причины и последствия изменения окружающей среды.

Владеть простейшими количественными методами при анализе химического состава атмосферы и процессов, его определяющих; современными методами анализа и моделирования различных физических процессов, протекающих в атмосфере.

По результатам освоения дисциплины «Науки об атмосфере и климате» аспиранты сдают кандидатский экзамен по научной специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 114 часов, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов – подготовка к сдаче кандидатского экзамена, 44 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 1:

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	в том числе			
		Контактная работа, часов			Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Введение. Система уравнений, описывающих динамику атмосферы.	2	2		2	0
Структура и динамика атмосферы	18	6		6	12

Радиационный перенос, малые химические составляющие, озоновый слой	12	4		4	8
Облака и осадки. Аэрозоли	12	4		4	8
Атмосферное электричество	8	4		4	4
Методы экспериментального исследования атмосферы радиофизическими методами	8	4		4	4
Ионосфера Земли	8	4		4	4
Магнитосфера	8	4		4	4
<b>Аттестация по дисциплине – кандидатский экзамен</b>				2	36
<b>Итого</b>	<b>114</b>				

## Содержание дисциплины

### Часть I. Структура и динамика атмосферы

Введение. Система уравнений, описывающих динамику атмосферы.

1. Равновесная вертикальная структура основных термодинамических параметров атмосферы.
  - 1.1. Гидростатическое равновесие.
  - 1.2. Радиационное равновесие. Парниковый эффект.
  - 1.3. Сухо - и влажноадиабатические вертикальные градиенты температур. Термодинамическая устойчивость. Конвекция.
2. Движения атмосферы планетарного масштаба.
  - 2.1. Система уравнений, описывающих движения планетарного масштаба.
  - 2.2. Геострофические движения. Геострофический и градиентный ветры. Термический ветер. Фронты. Струйные течения.
  - 2.3. Приливы.
  - 2.4. Меридиональная циркуляция (ячейка Гадлея).
  - 2.5. Планетарные волны (волны Россби). Описание с помощью “сферических” мод. Приближенное описание с помощью уравнения потенциального вихря. Приближение  $\beta$ -плоскости.
  - 2.6. Взаимодействие планетарных волн со средне-зональным течением. Стратосферные потепления и квази-двухлетние колебания.
3. Движения синоптических масштабов.
  - 3.1. Бароклинная неустойчивость.
  - 3.2. Баротропная неустойчивость.
  - 3.3. Вихри (циклоны и антициклоны) в атмосфере.
  - 3.4. Роль синоптических движений в глобальной циркуляции атмосферы.
4. Внутренние гравитационные волны. Турбулентность. Турбулентный перенос.
  - 4.1. Внутренние гравитационные волны. Основные источники и характеристики. Критический слой.
  - 4.2. Общее представление о теории турбулентности Колмогорова-Обухова.
  - 4.3. Природа и описание атмосферной турбулентности. Напряжения Рейнольдса. Полуэмпирический подход к описанию турбулентности.
  - 4.4. Коэффициенты турбулентного переноса атмосфере Земли.

### Часть II. Радиационный перенос, малые химические составляющие, озоновый слой.

1. Радиация.
  - 1.1. Уравнение переноса излучения. Законы Кирхгофа.
  - 1.2. Модели радиационного равновесия атмосферы. Парниковый эффект. Конвекция.
  - 1.3. Ослабление (поглощение и рассеяние) солнечного излучения. Основные линии поглощения малых составляющих в оптическом и микроволновом диапазонах.

- 1.4. Тепловые эффекты излучения.
- 1.5. Фотохимические эффекты излучения.
2. Малые составляющие и химия атмосферы.
  - 2.1. Основные малые составляющие и их роль в формировании структуры атмосферы.
  - 2.2. Модель Чепмена формирования озонового слоя. Антропогенные факторы, влияющие на состояние слоя.
  - 2.3. Основные причины возникновения “озонных дыр” в полярной нижней стратосфере в зимне-весенний период.

### **Часть III. Облака и осадки. Аэрозоли**

1. Микрофизика формирования частиц облаков.
  - 1.1. Равновесное давление пара над каплями растворов.
  - 1.2. Нуклеация. Роль фонового аэрозоля.
  - 1.3. Механизмы роста капель (конденсация, коагуляция броуновская и гравитационная)
  - 1.4. Рост ледяных кристаллов.
2. Осадки.
  - 2.1. Образование осадков. (Механизмы Вегенера-Бержерона и коагуляции.)
  - 2.2. Классификация облаков и осадков. Распределение осадков на земном шаре.
3. Аэрозоли.
  - 3.1. Источники аэрозольной компоненты земной атмосферы.
  - 3.2. Распределение аэрозоля по высоте. Скорость оседания аэрозоля. Слои аэрозоля в атмосфере. Распределение частиц аэрозоля по размерам.
  - 3.3. Эффекты рассеяния и поглощения света атмосферным аэрозолем. Экстинкция (закон Бугера). Рассеяние Ми. Рэлеевское рассеяние.

### **Часть IV. Атмосферное электричество**

1. Глобальная электрическая цепь.
  - 1.1. Происхождение и распределение ионов, проводимость.
  - 1.2. Профиль напряженности электрического поля в атмосфере.
  - 1.3. Генераторы атмосферного электричества.
2. Грозовое электричество.  
Механизм электризации облачных частиц. Электрические разряды (молния). Влияние разрядов на концентрации малых составляющих.

### **Часть V. Методы экспериментального исследования атмосферы радиофизическими методами**

1. Физические механизмы, лежащие в основе современных дистанционных методов.
2. Наземные, зондовые, баллонные, самолетные и спутниковые методы наблюдения.
3. Исследования параметров атмосферы с помощью естественных внешних источников излучения (“на просвет”).
4. Исследование атмосферы активными методами в оптическом и микроволновом диапазонах.
5. Собственное излучение атмосферы и методы исследования, основанные на его регистрации.

### **Часть VI. Ионосфера Земли**

1. Ионосфера, D, E, F области, их происхождение. Эффективный коэффициент рекомбинации.
2. Ионный состав.
3. Влияние ионосферы на распространение радиоволн: Ленгмюровская частота; Электромагнитные волны в изотропной плазме; Обыкновенные и необыкновенные нормальные волны в магнитоактивной плазме (показатели преломления и поляризация при продольном и поперечном распространении); Точки отражения и резонансы; Свистящие атмосферерики.

## Часть VII. Магнитосфера

1. Магнитное поле Земли.
  - 1.1. Главное магнитное поле, магнитные карты. Происхождение главного поля
  - 1.2. Вековые вариации, инверсии.
2. Понятие о магнитосфере и областях радиации.
3. Полярные сияния и их происхождение.
4. Свечение ночного неба. Понятие о механизмах возбуждения основных эмиссий.

### 4. Образовательные технологии

Основным видом образовательных технологий дисциплины «Науки об атмосфере и климате» является самостоятельная работа аспиранта: аспирантам даются задания по самостоятельной подготовке материалов по тематике занятий, которые впоследствии обсуждаются с научным руководителем аспиранта. При необходимости организуются групповые и индивидуальные консультации обучающихся с руководителем образовательной программы.

### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки ИПФ РАН, в компьютерном классе с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе дисциплины и контролируется научным руководителем аспиранта. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, доступные ресурсы в Интернет по тематике курса, а также конспекты и презентации лекций.

### 6. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Науки об атмосфере и климате» проводится в форме кандидатского экзамена по научной специальности 1.6.18. Науки об атмосфере и климате с оценкой по следующей шкале: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Кандидатский экзамен сдается по совокупности всех освоенных за время обучения специальных дисциплин.

#### Критерии оценок:

Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Аспирант дает полный и развернутый ответ на все заданные теоретические вопросы; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит почти полные, аргументированное решение сформулированной задачи с незначительными недочетами, способен успешно решить дополнительную задачу. 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. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Аспирант дает полный ответ на все заданные теоретические вопросы билета с небольшими неточностями, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит почти полное решение сформулированной задачи с некоторыми недочетами. 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. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 90%.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Аспирант показывает минимальный уровень теоретических знаний, допускает ошибки при ответах на дополнительные

	вопросы; приводит неполные, слабо аргументированное решение сформулированной задачи. 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. Аспирант дает ошибочные ответы, как на заданные теоретические вопросы, так и наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора; приводит решение сформулированной задачи 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%.

### **Вопросы по программе кандидатского экзамена (примеры)**

1. Система уравнений, описывающих динамику атмосферы
2. Гидростатическое равновесие.
3. Геоострофические движения. Геоострофический и градиентный ветры. Термический ветер. Фронты. Струйные течения.
4. Система уравнений, описывающих движения планетарного масштаба.
5. Приливы.
6. Планетарные волны (волны Россби). Описание с помощью “сферических” мод. Приближенное описание с помощью уравнения потенциального вихря. Приближение  $\beta$ -плоскости.
7. Бароклинная неустойчивость.
8. Вихри (циклоны и антициклоны) в атмосфере.
9. Внутренние гравитационные волны. Основные источники и характеристики. Критический слой.
10. Природа и описание атмосферной турбулентности. Напряжения Рейнольдса. Полуэмпирический подход к описанию турбулентности.
11. Коэффициенты турбулентного переноса атмосфере Земли.
12. Уравнение переноса излучения. Законы Кирхгофа.
13. Модели радиационного равновесия атмосферы. Парниковый эффект. Конвекция.
14. Фотохимические эффекты излучения.
15. Основные причины возникновения “озонных дыр” в полярной нижней стратосфере в зимне-весенний период.
16. Равновесное давление пара над каплями растворов.
17. Механизмы роста капель (конденсация, коагуляция броуновская и гравитационная)
18. Классификация облаков и осадков. Распределение осадков на земном шаре.
19. Источники аэрозольной компоненты земной атмосферы.
20. Эффекты рассеяния и поглощения света атмосферным аэрозолем. Экстинкция (закон Бугера). Рассеяние Ми. Рэлеевское рассеяние.
21. Происхождение и распределение ионов, проводимость.
22. Профиль напряженности электрического поля в атмосфере.
23. Механизм электризации облачных частиц.
24. Физические механизмы, лежащие в основе современных дистанционных методов.
25. Исследование атмосферы активными методами в оптическом и микроволновом диапазонах.
26. Собственное излучение атмосферы и методы исследования, основанные на его регистрации.
27. Ионосфера, D, E, F области, их происхождение. Эффективный коэффициент рекомбинации.
28. Влияние ионосферы на распространение радиоволн: Ленгмюровская частота; Электромагнитные волны в изотропной плазме; Обыкновенные и необыкновенные нормальные вол-

- ны в магнитоактивной плазме (показатели преломления и поляризация при продольном и поперечном распространении); Точки отражения и резонансы; Свистящие атмосферерики.
29. Главное магнитное поле, магнитные карты. Происхождение главного поля
30. Свечение ночного неба. Понятие о механизмах возбуждения основных эмиссий.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика. М.: Наука. - 736 стр. – 7 экз.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. М.: Наука. Т. 5: Статистическая физика – 5 экз.
3. Общая геофизика. Ред. В.А. Магницкий. Изд. МГУ, 1995.  
<http://www.studfiles.ru/preview/4521494/>

б) дополнительная литература:

1. Базелян Э.М., Райзер Ю.П., Физика молнии и молниезащиты, М., Физматлит, 2001.  
[http://eknigi.org/nauka\\_i\\_ucheba/52106-fizika-molnii-i-molniezashhity.html](http://eknigi.org/nauka_i_ucheba/52106-fizika-molnii-i-molniezashhity.html)
2. Seinfeld, J.H.; Pandis, S.N. Chemistry of the troposphere. In Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change, 2nd Ed. Wiley-Interscience, J. Wiley & Sons, Inc: New York, USA, 2006. <http://www.twirpx.com/file/452269/>
3. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. Изд-во МГУ, 2006.  
<http://7tor.org/viewtopic.php?t=468740>
4. J.R. Holton, An Introduction To Dynamic Meteorology, Fourth Edition, Elsevier Academic Press, 2004. [http://www.staff.science.uu.nl/~delde102/Holton\\_2004.pdf](http://www.staff.science.uu.nl/~delde102/Holton_2004.pdf)
5. Монин А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики. – Л., 1988.
6. Методы гидрофизических исследований. *Материалы I Всесоюзной школы (Солнечно-горск, октябрь 1983г.)* [Электронный ресурс – Виртуальная библиотека ИПФ РАН]  
<http://www.iapras.ru/biblio/img/gi.pdf>
7. Методы гидрофизических исследований. Турбулентность и микроструктура. [Электронный ресурс – Виртуальная библиотека ИПФ РАН]  
<http://www.iapras.ru/biblio/new/metgis90.pdf>
8. Методы гидрофизических исследований. Волны и вихри. [Электронный ресурс – Виртуальная библиотека ИПФ РАН] <http://www.iapras.ru/biblio/new/metgis87.pdf>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Специальные помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет";
- Лицензионное программное обеспечение (*Windows, Microsoft Office*);
- Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются (при необходимости) электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Авторы

\_\_\_\_\_ Е.А. Мареев

\_\_\_\_\_ А.М. Фейгин

ПРОГРАММА  
кандидатского экзамена по научной специальности  
**1.6.18. Науки об атмосфере и климате**  
по физико-математическим наукам

**Часть I. Структура и динамика атмосферы**

Введение. Система уравнений, описывающих динамику атмосферы.

1. Равновесная вертикальная структура основных термодинамических параметров атмосферы.
  - 1.1. Гидростатическое равновесие.
  - 1.2. Радиационное равновесие. Парниковый эффект.
  - 1.3. Сухо - и влажноадиабатические вертикальные градиенты температур. Термодинамическая устойчивость. Конвекция.
2. Движения атмосферы планетарного масштаба.
  - 2.1. Система уравнений, описывающих движения планетарного масштаба.
  - 2.2. Геострофические движения. Геострофический и градиентный ветры. Термический ветер. Фронты. Струйные течения.
  - 2.3. Приливы.
  - 2.4. Меридиональная циркуляция (ячейка Гадлея).
  - 2.5. Планетарные волны (волны Россби). Описание с помощью “сферических” мод. Приближенное описание с помощью уравнения потенциального вихря. Приближение  $\beta$ -плоскости.
  - 2.6. Взаимодействие планетарных волн со средне-зональным течением. Стратосферные потепления и квази-двухлетние колебания.
3. Движения синоптических масштабов.
  - 3.1. Бароклинная неустойчивость.
  - 3.2. Баротропная неустойчивость.
  - 3.3. Вихри (циклоны и антициклоны) в атмосфере.
  - 3.4. Роль синоптических движений в глобальной циркуляции атмосферы.
4. Внутренние гравитационные волны. Турбулентность. Турбулентный перенос.
  - 4.1. Внутренние гравитационные волны. Основные источники и характеристики. Критический слой.
  - 4.2. Общее представление о теории турбулентности Колмогорова-Обухова.
  - 4.3. Природа и описание атмосферной турбулентности. Напряжения Рейнольдса. Полуэмпирический подход к описанию турбулентности.
  - 4.4. Коэффициенты турбулентного переноса атмосфере Земли.

**Часть II. Радиационный перенос, малые химические составляющие, озоновый слой.**

1. Радиация.
  - 1.1. Уравнение переноса излучения. Законы Кирхгофа.
  - 1.2. Модели радиационного равновесия атмосферы. Парниковый эффект. Конвекция.
  - 1.3. Ослабление (поглощение и рассеяние) солнечного излучения. Основные линии поглощения малых составляющих в оптическом и микроволновом диапазонах.
  - 1.4. Тепловые эффекты излучения.
  - 1.5. Фотохимические эффекты излучения.
2. Малые составляющие и химия атмосферы.
  - 2.1. Основные малые составляющие и их роль в формировании структуры атмосферы.
  - 2.2. Модель Чепмена формирования озонового слоя. Антропогенные факторы, влияющие на состояние слоя.



2.3. Основные причины возникновения “озонных дыр” в полярной нижней стратосфере в зимне-весенний период.

### **Часть III. Облака и осадки. Аэрозоли**

1. Микрофизика формирования частиц облаков.
  - 1.1. Равновесное давление пара над каплями растворов.
  - 1.2. Нуклеация. Роль фонового аэрозоля.
  - 1.3. Механизмы роста капель (конденсация, коагуляция броуновская и гравитационная)
  - 1.4. Рост ледяных кристаллов.
2. Осадки.
  - 2.1. Образование осадков. (Механизмы Вегенера-Бержерона и коагуляции.)
  - 2.2. Классификация облаков и осадков. Распределение осадков на земном шаре.
3. Аэрозоли.
  - 3.1. Источники аэрозольной компоненты земной атмосферы.
  - 3.2. Распределение аэрозоля по высоте. Скорость оседания аэрозоля. Слои аэрозоля в атмосфере. Распределение частиц аэрозоля по размерам.
  - 3.3. Эффекты рассеяния и поглощения света атмосферным аэрозолем. Экстинкция (закон Бугера). Рассеяние Ми. Рэлеевское рассеяние.

### **Часть IV. Атмосферное электричество**

1. Глобальная электрическая цепь.
  - 1.1. Происхождение и распределение ионов, проводимость.
  - 1.2. Профиль напряженности электрического поля в атмосфере.
  - 1.3. Генераторы атмосферного электричества.
2. Грозовое электричество.  
Механизм электризации облачных частиц. Электрические разряды (молния). Влияние разрядов на концентрации малых составляющих.

### **Часть V. Методы экспериментального исследования атмосферы радиофизическими методами**

1. Физические механизмы, лежащие в основе современных дистанционных методов.
2. Наземные, зондовые, баллонные, самолетные и спутниковые методы наблюдения.
3. Исследования параметров атмосферы с помощью естественных внешних источников излучения (“на просвет”).
4. Исследование атмосферы активными методами в оптическом и микроволновом диапазонах.
5. Собственное излучение атмосферы и методы исследования, основанные на его регистрации.

### **Часть VI. Ионосфера Земли**

1. Ионосфера, D, E, F области, их происхождение. Эффективный коэффициент рекомбинации.
2. Ионный состав.
3. Влияние ионосферы на распространение радиоволн: Ленгмюровская частота; Электромагнитные волны в изотропной плазме; Обыкновенные и необыкновенные нормальные волны в магнитоактивной плазме (показатели преломления и поляризация при продольном и поперечном распространении); Точки отражения и резонансы; Свистящие атмосферерики.

### **Часть VII. Магнитосфера**

1. Магнитное поле Земли.
  - 1.1. Главное магнитное поле, магнитные карты. Происхождение главного поля
  - 1.2. Вековые вариации, инверсии.
2. Понятие о магнитосфере и областях радиации.

3. Полярные сияния и их происхождение.
4. Свечение ночного неба. Понятие о механизмах возбуждения основных эмиссий.

## **Литература**

### I. Основная литература

1. Флигль Р., Бузингер Дж. Введение в физику атмосферы. -М.: Мир, 1965.
2. Хргиан Д.Х. Физика атмосферы. Изд. 2. т.1, 2 -Л.: Гидрометеиздат, 1978 (Главы V-VII, XII-XIX, XXI, XXII).
3. Чемберлен Дж. Теория планетных атмосфер. М.: Мир, 1981 (Главы I, V)
4. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. М: Мир, 1981 (Главы I, VI, XII, XIII).
7. Холтон Дж. Р., Динамическая метеорология стратосферы и мезосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1979 (Главы 2, 3, 4) .
8. Монин А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики. Л.: Гидрометеиздат, 1988 (Глава 6).
9. Госсард Э., Хук У. Волны в атмосфере. М.: Мир, 1978 (Главы 2, 5, 10, 11).
10. Брасье Г., Соломон С. Аэрономия средней атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1987 (Главы 4, 5, 6).
11. Solomon S. Progress towards a qualitative understanding of Antarctic ozone depletion. Nature, v.347. p.p.347-354. 1990.
12. Solomon S. The mystery of the Antarctic ozone "hole". Reviews of Geophysics, v.26, n. 1, p.p. 131-148, 1988.
- 13.. Мучник В.М. Физика грозы. Л.: Гидрометеиздат, 1979.
14. Юман М., Молния, М.: Мир, 1972.
15. Чалмерс Дж. Атмосферное электричество. Л.: Гидрометеиздат, 1979.
16. Sinhc A., Toumi R. Tropospheric ozone, lighting, and climate change. Journal of Geophysical Research, v.102, n. D9, p.10667-10672, 1997.
17. Лазерный контроль атмосферы, под ред. Хинкли Э.Д. -М.: Мир, 1979.
18. Спектральные исследования космического и атмосферного электричества. Сб. научн. трудов под ред. Кислякова А.Г., Изд. ИПФ АН СССР, 1979.
19. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М.:Наука, 1967 (Глава 3).

### II. Дополнительная литература

1. Маров М.Я., Колесниченко А.В., Введение в планетную аэрономию, М.: Наука, 1987.
2. Лоренц Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1979.
3. Крупномасштабные динамические процессы в атмосфере. Под ред. Б. Хоскинса, Р. Пирса, М.: Мир, 1988.
4. Гинзбург Э.И., Гуляев В.Т., Жалковская Л.В. Динамические модели свободной атмосферы. Новосибирск: Наука, 1987.
5. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. М.: Мир. 1984. т.т. 1,2.
6. Мак-Ивен М., Филлипс Л., Химия атмосферы. М.: Мир, 1978.
7. Турбулентность (принципы и применения). Под ред. У. Фроста, Т. Моулдена, М.: Мир, 1980.
8. Мазин И.П., Шметер С.М. Облака (строение и физика образования). Л.: Гидрометеиздат, 1983.
9. Райст П. Аэрозоли. М.: Мир, 1987.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН)

**ПРОТОКОЛ**

заседания экзаменационной комиссии от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Структурное подразделение: \_\_\_\_\_

СОСТАВ КОМИССИИ:                      Председатель: \_\_\_\_\_

утвержден приказом                      Зам.председателя: \_\_\_\_\_

№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.                      Члены комиссии: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

СЛУШАЛИ:

Прием кандидатского экзамена по специальной дисциплине.

Научная специальность \_\_\_\_\_  
*шифр, наименование научной специальности*

от \_\_\_\_\_  
*(фамилия, имя, отчество)*

На экзамене были заданы следующие вопросы:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ПОСТАНОВИЛИ: считать, что \_\_\_\_\_

выдержал экзамен с оценкой \_\_\_\_\_

Председатель экзаменационной комиссии: \_\_\_\_\_

Заместитель председателя: \_\_\_\_\_

Члены экзаменационной комиссии: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_