

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт космических исследований Российской академии наук  
(ИКИ РАН)

*УТВЕРЖДАЮ*

*Директор ИКИ РАН  
академик РАН Л. М. Зеленый*

---

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Дополнительная программа  
кандидатского экзамена по специальности**

**01.04.01 – ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ  
ФИЗИКИ**

аспиранта ИКИ РАН Пашинова Е. В.

Тема диссертационного исследования:  
«Особенности глобальных мультимасштабных полей водяного  
пара в атмосфере Земли по данным дистанционных  
микроволновых измерений»

*УТВЕРЖДЕНО*

*на Ученом совете ИКИ РАН  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.*

*Протокол № \_\_\_\_\_*

Москва - 2016

## 1. МЕХАНИКА И ГИДРОДИНАМИКА

Уравнения движения. Движение точки в центрально-симметричном поле и законы Кеплера. Центр инерции. Законы сохранения.

Малые колебания – свободные и вынужденные. Колебания в диссипативных системах, физический маятник. Колебания при параметрическом воздействии. Резонанс. Автоколебания.

Волновые процессы. Волновое уравнение. Плоские волны. Продольные и поперечные волны.

Звуковые волны. Эффект Доплера, его проявление и использование в физике и технике.

Гидродинамика. Уравнение непрерывности. Законы изменения плотности импульса и плотности энергии. Уравнение гидродинамики неидеальной жидкости. Интеграл Бернулли. Потенциальное течение. Уравнение Навье-Стокса.

Вязкость и методы ее определения. Число Рейнольдса. Затухание гравитационных волн. Ламинарное и турбулентное течение.

*Хайкин С.Э., Физические основы механики. М.: Наука, 1971.*

*Фейнман Р., Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1976.*

*Ландау Л.Д., Е.М.Лифшиц, Механика. М.: Наука, 1988.*

*Ландау Л.Д., Е.М.Лифшиц, Гидродинамика. М.: Наука, 1986.*

*Мигулин В.В., В.И.Медведев, Е.Р.Мустель, В.Н.Парыгин, Основы теории колебаний. М.: Наука, 1978.*

*Виноградова М.Б., О.В.Руденко, А.П.Сухоруков, Теория волн. М.: Наука, 1979.*

## 2. ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Термодинамические системы. Обратимые и необратимые процессы. Внутренняя энергия, количество теплоты и работа. Уравнения состояния. Первое начало термодинамики.

Теплоемкость. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Второе начало термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Закон возрастания энтропии.

Уравнение состояния идеального газа. Газ в поле внешних сил. Распределение Максвелла-Больцмана. Равнораспределение кинетической энергии по степеням свободы.

Идеальные одноатомные квантовые газы. Статистика Ферми-Дирака и статистика Бозе-Эйнштейна. Фотонный газ. Равновесное излучение и формула Планка.

Основные понятия математической статистики. Вероятность, случайные величины. Распределение Гаусса, распределение Пуассона. Среднее значение и дисперсия. Флуктуации основных термодинамических величин. Корреляция флуктуаций в пространстве и во времени.

*Кикоин А.К., И.К.Кикоин, Молекулярная физика. М.: Наука, 1976.*

*Фейнман Р., Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1976.*

*Ландау Л.Д., Е.М.Лифшиц, Статистическая физика. М.: Наука, 1995.*

*Леонтович М.А., Статистическая физика. Введение в термодинамику.*

*М.: Наука, 1983.*

*Бендат Д.А., А.Пирсол, Измерение и анализ случайных процессов. М.: Мир, 1974.*

### **3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

Классическая электродинамика и границы ее применения. Токи смещения и закон сохранения заряда. Уравнения Максвелла для поля зарядов и токов в вакууме.

Энергия электромагнитного поля. Закон сохранения энергии в электродинамике. Вектор Пойнтинга. Силы, действующие на заряды и токи.

Электромагнитные поля в вакууме. Плоские волны. Поляризация электромагнитной волны. Электромагнитное поле диэлектрического диполя.

Рассеяние электромагнитных волн свободными зарядами. Энергия поля в среде. Диэлектрики, диэлектрическая проницаемость, конденсаторы.

Электропроводимость. Изоляторы, полупроводники, металлы. Электрический ток в газах. Электрический ток в полупроводниках. Сверхпроводимость.

Магнитное поле тока. Действие магнитного поля на ток. Взаимодействие токов. Диа-, пара- и ферромагнетики.

Квазистационарное приближение. Скин-эффект. Электромагнитная индукция. Коэффициенты самоиндукции и взаимной индукции.

Волны в свободном пространстве и в однородных средах с потерями. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия. Отражение на границе двух сред, формулы Френеля.

Когерентность. Интерференция.

Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля. Дифракционная решетка.

Распространение волн в направляющих системах. Прямоугольные и круглые волноводы. Типы волн, структура полей.

*Тамм И.Е., Основы теории электричества. М.: Наука, 1976.*

*Фейнман Р., Фейнмановские лекции по физике. М.: Мир, 1976.*

*Ландау Л.Д., Е.М.Лифшиц, Теория поля. М.: Наука, 1988.*

*Ландау Л.Д., Е.М.Лифшиц, Электродинамика сплошных сред, М.: Наука, 1992.*

*Борн М., Э.Вольф, Основы оптики. М.: Наука, 1970.*

### **4. СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОФИЗИКА**

Случайные процессы. Статистические характеристики. Законы распределения. Стационарные и нестационарные случайные процессы.

Корреляционные и спектральные характеристики случайных процессов. Статистическое усреднение и усреднение по времени.

Случайные поля. Когерентность. Полностью и частично поляризованные волны. Параметры Стокса.

Сигналы и шумы. Методы их описания. Прохождение случайных и регулярных сигналов через линейные и нелинейные системы. Шумовые параметры линейных систем.

Обнаружение и измерений сигнала в шумах. Критерии обнаружения и измерения. Аддитивная и мультипликативная помехи. Оптимальная линейная фильтрация. Накопление.

Тепловое излучение. Закон Кирхгофа.  
Рассеяние на случайных (шероховатых) поверхностях. Приближение Кирхгофа, Рэлея, метод малых возмущений.

*Рытов С.М., Ю.А.Кравцов, В.И.Татарский, Введение в статистическую радиофизику. М.: Наука, 1978.*

*Ахманов С.А., Ю.Е.Дьяков, А.С.Чиркин, Введение в статистическую радиофизику и оптику. М.: Наука, 1981.*

*Басс Ф.Г., И.М.Фукс, Рассеяние волн на статистически неровной поверхности. М.: Наука, 1972.*

## **5. ТЕХНИКА ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Статистическая обработка результатов измерений. Среднее значение, среднеквадратичное отклонение, дисперсия. Метод наименьших квадратов.

Методы измерения слабых узкополосных и шумовых сигналов. Фильтрация. Модуляция-демодуляция. Корреляционный и спектральный анализ.

Элементы микроволновой измерительной техники. Элементы волноводной техники. Детекторы. Методы измерений на СВЧ. Измерение КСВ, КБВ, усиления, фазовые измерения. Измерение шумов и чувствительности приемных устройств.

СВЧ антенны, основные типы и особенности. Характеристики антенн. Системы с заполненной и неполной апертурой. Принципы апертурного синтеза.

Системы регистрации и обработки экспериментальных данных. Принципы аналого-цифрового преобразования. Теорема Котельникова.

Понятие о компьютерном моделировании физических процессов. Прямые и обратные задачи. Устойчивость, некорректные задачи, регуляризация.

*Гольцман Ф.М., Физический эксперимент и статистические выводы, Л.: Изд. Ленингр. ун-та, 1982.*

*Лебедев. И.В., Техника и приборы СВЧ. М.: Высшая школа, 1970.*

*Нефедов В.И., Основы радиоэлектроники. М.: Высшая школа, 2000.*

## **6. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Общая характеристика океана и атмосферы как объекта дистанционного зондирования из космоса. Основные гидрофизические и метеорологические параметры. Принципиальные методы их дистанционного измерения.

Перенос электромагнитного излучения в системе подстилающая поверхность (суша, океан) – атмосфера – осадки. "Окна прозрачности".

Верхний слой океана. Ветровое волнение, двухмасштабная и трехмасштабная модель. Спектры поверхностного волнения. Внутренние волны, течения и их поверхностные проявления.

Излучение и рассеяние электромагнитных волн взволнованной водной поверхностью.

Активные и пассивные методы дистанционного зондирования в микроволновом диапазоне.

Принципы радиолокации с реальной и синтезированной антенной апертурой. Радиолокаторы бокового обзора.

Принципы построения микроволновых скаттерометров и альтиметров.

Измерение скорости ветра с их помощью.

Микроволновая радиометрия. Принципы устройства различных типов радиометров (компенсационный, модуляционный, корреляционный). Чувствительность и стабильность различных типов радиометров.

Микроволновая радиополяриметрия. Модифицированные параметры Стокса.

Изотропное и анизотропное излучение в системы океан-атмосфера. Эффект азимутальной анизотропии.

Определение вектора приводного ветра по поляризационным измерениям.

Микроволновые спутниковые системы дистанционного зондирования. Сканирующие спутниковые системы. Их возможности и ограничения. Проблемы при интерпретации данных спутниковых измерений.

Влияние атмосферы на измерения в микроволновом диапазоне. Исследование атмосферы микроволновыми радиометрами.

*Sharkov E.A., Passive Microwave Remote Sensing of the Earth: Physical foundations. Berlin, N.Y. etc. Springer/PRAxis . 2003. 620 p. ISBN 3-540-43946-3.*

*Meissner T., Wentz F.J. The emissivity of the ocean surface between 6 and 90 GHz over a large range of wind speeds and earth incidence angles, // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing, 2012. V. 50. N 8. P. 3004 - 3026.*

*Yueh S.H., Wilson W.J., Li F.K., Nghiem S.V., Ricketts W.B. Polarimetric measurements of sea surface brightness temperature using an aircraft K-band radiometer // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. 1995. V. 33. N 1. P. 85-92.*

*Шарков Е.А., Пассивное микроволновое зондирование Земли: прошлое, настоящее и планы на будущее. // Современные проблемы дистанционного зондирования из космоса. М., Полиграф-сервис, 2004. С. 70-80.*

*Беспалова Е.А., Веселов В.М., Глотов А.А., Милицкий Ю.А., Миrowsкий В.Г., Покровская И.В., Попов А.Е., Раев М.Д., Шарков Е.А., Эткин В.С. Исследование анизотропии ветрового волнения по вариациям поляризованного теплового излучения // Докл. АН СССР. 1979. Т. 246. № 6. С. 1482 – 1485.*

*Булатов, М.Г., Ю.А.Кравцов, А.В.Кузьмин, О.Ю.Лаврова, М.И.Митягина, М.Д.Раев, Е.И.Скворцов, Микроволновые исследования морской поверхности в прибрежной зоне: Геленджик, 1999-2002, М.: КДУ, 136 с., 2003.*

*Поспелов М.Н., Применение поляризационной радиометрии в дистанционном зондировании: история и перспективы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. № 1. С. 58-69.*

*Поспелов М.Н., Применение микроволновой поляриметрии для дистанционного зондирования морской поверхности, Исследование Земли из космоса, №1, 39-50, 2005.*

*Спутниковая гидрофизика. М.: Наука, 1983.*

*Райзер В.Ю., И.В.Черный, Микроволновая диагностика поверхностного слоя океана. С-Пб.: Гидрометеиздат, 1994.*

*Гранков А.Г., Мильшин А.А., Взаимосвязь радиоизлучения системы океан-атмосфера с тепловыми и динамическими процессами на границе раздела. М.: Физматлит, 2004.*

*Гречко С.И., Ирисов В.Г., Кузьмин А.В., Трохимовский Ю.Г., Эткин В.С. Характеристики собственного СВЧ-излучения морской поверхности на настильных углах наблюдения // Препринт. М.: ИКИ РАН, 1991. Пр-1729. 41 с.*

*Монин А.С., В.П.Красицкий, Явления на поверхности океана. Л.: Гидрометеоздат, 1981.*

*Филлипс О.М., Динамика верхнего слоя океана. М.: Мир, 1969.*

*Давидан И.Н., Л.И.Лопатухин, В.А.Рожков, Ветровое волнение в Мировом океане. Л.: Гидрометеоздат, 1985.*

*Башаринов А.Е., А.С.Гурвич, С.Т.Егоров, Радиоизлучение Земли как планеты. М.: Наука, 1975.*

*Богородский В.В., Д.Б.Канарейкин, А.И.Козлов, Поляризация рассеянного и собственного радиоизлучения земных покровов. Л.: Гидрометеоздат, 1981.*

*Есепкина Н.А., Д.В.Корольков, Ю.Н.Парийский, Радиотелескопы и радиометры. М.: Наука, 1973.*

*Сколник М., Справочник по радиолокации. М.: Советское радио, 1979.*

*Рус У.Г., Основы дистанционного зондирования // М.: Техносфера, 2006. - 336 с., 12 с. цв. вклейки.*

Составители:

д.ф-м.н.,  
профессор

Е. А. Шарков

к.ф-м.н.

А. В. Кузьмин