

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева
Дальневосточного отделения Российской академии наук**

СОГЛАСОВАНО
Ученым советом ТОИ ДВО РАН
протокол № 4 от «07» апреля 2022 г.



СОГЛАСОВАНО
УЧЕНЫМ СОВЕТОМ ТОИ ДВО РАН

Г.И. Долгих

«07» апреля 2022 г.

ПРОГРАММА

**вступительного экзамена в аспирантуру
по научной специальности 1.3.3. Теоретическая физика**

Владивосток

2022

Настоящая программа разработана на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры, паспорта научной специальности, разработанного экспертным советом ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Программа основана на следующих дисциплинах: механика, гидродинамика, колебания и волны, теория хаоса и турбулентности, статистическая физика, квантовая механика.

Механика

Принцип наименьшего действия. Обобщенные координаты. Функция Лагранжа. Энергия. Импульс. Момент импульса. Уравнение Гамильтона. Скобки Пуассона. Действие. Канонические преобразования. Теорема Лиувилля. Уравнения Гамильтона-Якоби. Адиабатические инварианты.

Гидродинамика

Основные понятия кинематики жидкости. Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса. Сохранение циркуляции скорости. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости. Уравнение непрерывности и уравнение Эйлера. Ламинарные и турбулентные течения. Основные понятия о турбулентности. Переход к турбулентности. Неустойчивости ламинарных течений. Теория Ландау-Хопфа. Переход к турбулентности путем удвоения периодов. Развитая турбулентность. Спектр турбулентности в вязком интервале. Колмогоровский спектр.

Колебания и волны

Свободные и вынужденные колебания. Резонанс. Принцип суперпозиции. Нелинейные колебания. Фазовые портреты и особые точки. Нелинейные осцилляторы. Нелинейный резонанс. Критерий перекрытия резонансов. Аттракторы. Понятие волны и характеристики волн. Принцип суперпозиции. Волновое уравнение. Дисперсия. Вектор Умова-Пойтинга. Нелинейные волны. Уравнение Кортевега-де Фриза. Солитоны и взаимодействие солитонов.

Динамический хаос

Основы теории динамических систем. Теория устойчивости. Бифуркации. Дифференциальные уравнения и отображения. Логистическое отображение. Стационарные состояния. Циклы. Бифуркация удвоения периода. Сценарий Фейгенбаума: переход к хаосу через последовательные

удвоения периода. Показатель Ляпунова. Консервативные и диссипативные системы.

Динамический хаос в консервативных системах

Отображение Пуанкаре. Стационарные точки и сепаратриса. Расщепление сепаратрисы: гомо- и гетероклиническая структура. Устойчивые и неустойчивые многообразия. Канторы и динамические ловушки. Переменные «действие – угол»: Фракталы в гамильтоновых системах. Хаотическое рассеяние.

Динамический хаос в диссипативных системах

Аттракторы и их бассейны. Сценарий Помо-Манневиля: переход к хаосу через перемежаемость. Канторово множество и фракталы. Размерность самоподобия и емкость. Связь фрактальной размерности с характеристическими показателями Ляпунова. Термоконтвекция Рэлея-Бенара. Модель Лоренца. Странный аттрактор и его структура. Проблема турбулентности и сценарии перехода к турбулентности. Основные свойства хаотического движения в диссипативных системах.

Хаотическая адвекция в жидких потоках

Хаотическая адвекция и зарождение хаоса. Хаотическое рассеяние пассивной примеси в струйных и вихревых течениях. Хаотическая адвекция в лабораторных экспериментах. Прототипная модель точечного вихря с хаотической адвекцией пассивной примеси. Фрактальные свойства хаотической адвекции. Перенос и хаотическое перемешивание в меандрирующих струйных течениях. Кинематические и динамические модели, стационарные точки и бифуркации. Возникновение и бифуркации неустойчивых периодических орбит. Фрактальные свойства адвекции в меандрирующих потоках.

Статистическая физика

Основные принципы статистики. Функция распределения и матрица плотности. Теорема Лиувилля. Закон возрастания энтропии. Микроканоническое распределение. Распределение Гиббса. Термодинамические величины. Термодинамика идеальных газов. Распределение Больцмана. Эргодическая гипотеза. Эргодические системы.

Квантовая механика

Принцип суперпозиции. Векторы состояния и операторы. Измерение наблюдаемых величин. Вероятностная интерпретация. Принцип

неопределенности. Оператор эволюции. Картины Шредингера и Гейзенберга. Уравнение Шредингера и волновая функция. Уравнения Гейзенберга. Свободная частица. Волновой пакет с минимальной неопределенностью. Спин. Квантовый гармонический осциллятор. Чистые и смешанные состояния. Матрица плотности.

Список рекомендуемой литературы

1. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику. От маятника до турбулентности и хаоса. М.: Наука, 1988. 368 с.
2. Кошель К.В., Пранц С.В. Хаотическая адвекция в океане. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ижевский институт компьютерных исследований, 2008. 364 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 736 с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М.: Наука, 1974. 752 с.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. М.: Наука, 1973. 208 с.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука, 1976. 584 с.
7. Лихтенберг А., Либерман М. Регулярная и стохастическая динамика. М.: Мир, 1984. 528 с.
8. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1984. 432 с.
9. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 1. М.: Мир, 1976. 260 с.
10. Шустер Г. Детерминированный хаос. Введение. М.: Мир, 1988. 240 с.

Программа рассмотрена, обсуждена и одобрена на семинаре Отдела физики океана и атмосферы ТОИ ДВО РАН «16» марта 2022 г.

Председатель семинара
зав. Отделом
д.ф.-м.н., профессор



С.В. Пранц