Постановка задачи

"Переход монохроматической капиллярной волны в волновую турбулентность."

Данная работа является продолжением работы A.I. Dyachenko, A.O. Korotkevich, V.E. Zakharov, *Decay of the monochromatic capillary wave*, JETP Lett., **77**, 9, 477-481 (2003) arXiv:physics/0308100

Мы рассмотрим капиллярные волны на поверхности трёхмерной жидкости. Примеры таких волн – волны на чае или кофе в чашке, когда вы на неё дуете. Вообще, для воды перелом дисперсионного закона от гравитационных (обусловленных практически только силой тяжести) к капиллярным волнам (когда силой тяжести можно пренебречь) происходит на масштабе в 2.7 см, т.е. при длине волны около 3-5 мм и меньших масштабах можно волны считать чисто капиллярными. Когда мы рассматриваем чисто монохроматическую плоскую волну (фактически синусоиду, бегущую в одном направлении), то она, естественно, имеет чётко определённую фазу в любой точке пространства. Однако, из-за нелинейного взаимодействия (гидродинамика – это принципиально нелинейная наука!) она разваливается на другие волны (что можно увидеть в статье упомянутой выше) с другими направлениями и длинами волн. Происходит это постепенно. При росте эти вторичные волны начинают генерировать свои вторичные волны каждая и так далее. Т.е. из одной синусоидальной волны образуется волновое поле квазислучайных волн. Таки образом происходит переход от монохроматической волны к турбулентному волновому полю. Если подождать достаточно долго, то можно получить практически полностью стохастизированное волновое поле (см. иллюстрации от Fig.5 до Fig. 12 в главе 5 статьи A.O. Korotkevich, A.I. Dyachenko, and V.E. Zakharov, *Numerical simulation of surface waves instability on a homogeneous grid*, Physica D: Nonlinear Phenomena **321**, 51-66 (2016). http://arxiv.org/abs/1212.2225). Интересно увидеть, как именно происходит данный переход? В качестве меры “случайности” поля можно использовать корреляторы. Если просто, то это некоторая нелинейная величина, усреднённая по ансамблю реализаций. Т.е. мы можем посчитать численно процесс распада волн с различными начальными фазами (реализациями), усреднить результат (или некоторую нелинейную функцию, которую мы назовём коррелятором) по всем таким расчётам и посмотреть как он будет меняться со временем.

План исследования.

После введения в физику нелинейных волн и их взаимодействий (математический аппарат похож на применяемый в квантовой механике и квантовой теории поля, но для классической

системы он в чём-то проще, а в чём-то сложнее), студент сформирует начальное условие на имеющемся коде и визуализирует его как в обычных координатах (x,y), так и в пространстве гармоник (Фурье). Затем, для получения физической интуиции в задаче, будет произведено моделирование динамики одного начального условия в виде одной волны, с визуализацией промежуточных результатов. После чего студентом будут написаны несколько кодов:

1) Генерация начальных условий (запуск готового генератора со случайным состоянием генератора псевдослучайных чисел), создание дерева каталогов реализаций;
2) Параллельный запуск кода моделирующего динамику волнового поля для каждой реализации;
3) Чтение двоичных файлов сохранений и вычисление нелинейной функции(-ий) для каждой реализации;
4) Усреднение по реализациям (простое арифметическое среднее для всех гармоник) и сохранение результата;
5) Просмотр динамики корреляторов от времени и выводы (при действительно стохастизации коррелятор будет убывать).

Результатом работы является количественное представление стохастизации волнового поля как функции времени. Это важно для понимания, можно ли (и если да, то с какого момента) применять методы описания волновой турбулентности, а именно кинетическое уравнение для капиллярных волн, в данном случае.

Что нужно уметь?

1. Программировать на одном из языков.
2. Понимать как представляются двоичные данные (это опционально).
3. Владеть основами дифференциальных уравнений, функций комплексной переменной и т. п.