

Газ Лоренца.

Наглядный материал.

В данной демонстрации мы можем наблюдать поведение газа Лоренца. На главном окне программы мы видим 4 различные кнопки: демонстрация, справка, об авторах и выход. По нажатию кнопки демонстрация мы переходим на страницу моделирования поведения газа Лоренца.

Тут перед собой мы видим основное окно визуализации, в котором показывается сосуд с электронами в виде движущихся не взаимодействующих друг с другом кружочков и силовыми центрами в виде неподвижных дисков.

Справа от окна визуализации мы можем найти пункты настройки параметров моделирования. Нам предлагается настроить количество электронов, расстояние между силовыми центрами, их радиусы, радиусы электронов, их скорости и многое другое. Из неочевидных возможностей программы: мы можем запустить новую частицу в окне визуализации, просто щелкнув мышью по нему и, не отпуская кнопки, выбрать траекторию этой частицы.

Можно наблюдать неустойчивость движения по отношению к малым отклонениям следующим образом. Установив определенный угол начальной скорости, нажатием неподвижной мышки несколько раз можно создать несколько частиц с абсолютно одинаковыми начальными условиями, которые будут бегать точно друг за другом таким паровозиком или червячком. Но если при создании этого паровозика рука еле заметным образом дрогнет, то возникнет малое различие в начальных координатах, и очень скоро частицы разлетятся по всему полю.

Под окном визуализации мы видим график, на котором может отображаться один из нескольких параметров системы: давление частиц в газе, вероятность их распределения по областям пространства и плотность их распределения.

Запустить моделирование мы можем с помощью кнопки «Запуск», которая, после нажатия, изменится на кнопку "Приостановить". Также тут имеется кнопка "Очистить", обнуляющая настройки и скидывающая статистику. Третья из имеющихся кнопок - "Сохранить". Она сохраняет «скриншот» окна визуализации в указанную вами директорию.

В программе есть встроенная справка о её возможностях.

Физические основы.

Известный голландский физик Х. Лоренц, создатель электронной теории, в начале этого века предложил модель, которая и получила впоследствии наименование газа Лоренца.

Представим себе, что на плоскость набросано большое число кружков (их называют рассеивателями). Каждый из этих кружков отражает все от своей поверхности по известному принципу: угол падения равен углу отражения. Это и есть основа модели двумерного газа Лоренца (трехмерная модель составлена из шаров-рассеивателей). Если в такую среду, состоящую из кружков-рассеивателей, запустить точку, движущуюся с постоянной скоростью, то она начнет «натякаться» на кружочки и отражаться от них. Её движение при этом будет моделировать движение молекулы реального газа. Траектория, которую будет описывать эта точка, весьма затейлива. И эта затейливость связана с её неустойчивостью, то есть с сильной зависимостью результата от начальных условий.

В данной модели при изменении вектора исходной скорости на малый угол α после всего двух отражений траектория изменяется очень сильно. Сколь угодно ни был бы мал угол α , траектории разойдутся очень быстро после нескольких отражений от кружков-рассеивателей.

Этот эффект хорошо знают опытные игроки в бильярд. Самыми сложными ударами (и эффектными) у них являются удары через шар, то есть умение попадать в лузу третьим шаром. Удары через два шара в бильярде не используются ввиду того, что движение

четвертого шара предвидеть уже невозможно. Именно это обстоятельство и определяет «затейливость» движения частицы в среде кружков-рассеивателей.

В таких неустойчивых системах как бы происходит быстрая «потеря памяти» о начальных данных. Всякая система имеет такую память. Но у одних она долгая, как, например, у артиллерийского снаряда. Ведь именно наличие такой памяти позволяет артиллеристам попадать в цель. Они хорошо знают, что, немного изменив положение ствола, можно несколько изменить траекторию снаряда и, следовательно, точку его попадания. Такая система с долгой памятью о начальных условиях ближе к устойчивой, хотя, строго говоря, таковой не является.

Неустойчивая система типа газа Лоренца имеет короткую память о начальных условиях, что и приводит к... случайности (вот и произнесено слово, ради которого приведено описание модели Лоренца). Траектория движения материальной точки в этой модели совершенно случайна и напоминает движение броуновской частицы. Разница здесь лишь в том, что броуновское движение определяется движением тяжелой частицы под действием легких молекул жидкости, а в модели Лоренца описывается движение легкой частицы, отражающейся от «тяжелых рассеивателей». И хотя ее траектория строго предопределена, ведет она себя как броуновская частица.

Говоря строго, траектория частицы в модели Лоренца отличается от траектории броуновской частицы хотя бы тем, что наименьший пробег точки не может быть меньше расстояния между рассеивателями. Но тем не менее эта траектория, детерминированная исходным направлением движения точки и положением рассеивателей, так же случайна, как и траектория броуновской частицы.

Итак, модель Лоренца порождает случайность, не будучи случайной сама по себе. причиной этому является неустойчивость траектории точки, отражающейся от рассеивателей.

Газ Лоренца обладает всеми свойствами идеального газа. Можно легко проверить, что он подчиняется уравнению Менделеева-Клапейрона. Например, что давление меняется пропорционально температуре при прочих фиксированных параметрах. Так же легко прослеживается пропорциональность давления концентрации, которая определяется числом частиц и пространством, свободным от силовых центров.

Особенности реализации:

- 1) При выходе на главную страницу, процесс моделирования не останавливается. Так мы можем, запустив моделирование, переключиться на теоретическую справку, пока у нас будет набегать статистика.
- 2) При изменении параметров системы статистика не обнуляется, это происходит только при нажатии кнопки "Очистить".
- 3) Возможные параметры системы ограничены, но эти ограничения не предохраняют нас от абсурдных ситуаций. Так, например, мы можем увеличить силовые поля в размерах настолько сильно, что они заполнят весь экран. Или, наоборот, увеличить в размерах электроны настолько, что они просто пропадут с экрана. Так же можно установить количество частиц равное 500, что, в купе с другими радикально выставленными параметрами, станет неплохой проверкой вашему железу. Веселитесь!
- 4) Можно заметить, что при больших скоростях (около 500) частицы могут начать проходить сквозь часть «рассеивателей», лишь немного изменяя свою траекторию. А при очень больших скоростях (около 800), частицы начинают свободно пролетать через некоторые «рассеиватели», попадающих на их пути.