

А. А. ГРИГОРЬЕВ
УО БГУИР (г. Минск, Беларусь)

ТЕХНОЛОГИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОДЕЛИРОВАНИЯ КИНЕТИКИ ЧАСТИЦ НА ПЛОСКОСТИ ПОСРЕДСТВОМ СРЕДЫ MATHCAD

Основной смысл технологизации заключен в том, чтобы определить и целесообразно распределить порядок процедур, обеспечивающих ход учебно-воспитательного процесса, стремясь при этом к достижению максимальной последовательности, рациональности и простоте выполнения операций. Процесс технологизации охватывает всю структуру образования, в том числе и предметное обучение. Наиболее важно технологизировать процессы, состоящие из большого числа последовательных этапов, стадий. Построенные таким образом схемы учебно-воспитательного процесса не только дают о нем образное представление, но и являются ориентировочной основой деятельности для принятия своевременных педагогических решений по конкретизации исходных принципов и идей обучения, для составления методических систем, для рационализации и индивидуализации учения. В педагогической технологии акцент делается на процессуальные и инструментальные аспекты обучения, на продуктивную деятельность учащихся. В рамках педагогических технологий значительно усиливается организованность учебного процесса, целенаправленное руководство им, рационально осуществляется деятельность его участников, усиливается обратная связь. Информационные технологии позволяют использовать компьютер или планшет не только как обучающую машину, но и как средство усиления интеллекта обучаемых, их развития. Вместе с тем программируемая среда является инструментом управления учебным процессом, а также средством телекоммуникации, презентации материала в лекционном режиме.

Mathcad - система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением. Среда математического моделирования *Mathcad* используется в сложных проектах, чтобы визуализировать результаты математического моделирования, путем использования распределённых вычислений и традиционных языков программирования. *Mathcad* достаточно удобно использовать для обучения, вычислений как физических, так и инженерных расчетов. Открытая архитектура приложения в сочетании с поддержкой технологий *.NET* и *XML* позволяют легко интегрировать *Mathcad* практически в любые ИТ-структуры и инженерные приложения. Предусмотрена возможность создания электронных книг (*e-Book*).

Рассмотрим, как в такой среде можно построить физические модели и на их основе создать презентации.

При изготовлении полупроводниковых приборов и интегральных схем, а также фотошаблонов, широко применяются процессы получения различных функциональных слоев. От совершенства технологических процессов получения пленок функциональных слоев в значительной степени зависят надежность и качество изделий микроэлектроники, технический уровень и экономические показатели их производства.

Физическое осаждение или конденсация из газовой фазы можно определить как конденсацию газообразных (парообразных) элементов или соединений с образованием твердых осадков. Газовая фаза может иметь тот же состав, что и осадок. Это обычный случай физического осаждения из газовой фазы на плоскость, при котором покрытия получают только за счет конденсации вещества. К таким случаям относятся процессы термического вакуумного испарения и ионного распыления материалов.

В данной работе рассматривается применение статистического метода описания к вопросу о распределении частиц газа по скоростям в состоянии равновесия, в отсутствие внешних силовых полей. Разместим частицы газа в некотором квадратном порядке в первой четверти декартовой системы координат. Построим контур в виде графика, в котором будут двигаться частицы. Зададим переменные в виде последовательности координат вершин квадрата, которые будут последовательно соединены. Также построим на одних координатных осях графики первоначального расположения частиц и контура, ограничивающего расположение частиц. Получим известное для функции плотности вероятности распределения частиц по проекции скорости выражение. Представим картину анимационного движения частиц газа на плоскости. Убедимся, что идеальный газ, предоставленный сам себе, переходит из упорядоченного состояния в 1-й четверти в состояние с равномерным распределением по всей плоскости. Причем вероятность возвращения в исходное состояние крайне мало, что указывает на необратимость данного процесса. Зададим число частиц $N = 36$ и пронумеруем их по $i = 0 \dots (N - 1)$. Пусть переменная время изменяется дискретно $j = 0 \dots t - 1$, где $t = 500$ с. Проекция вектора скорости частицы на координатные оси изменяется в соответствии с законом распределения Максвелла, вследствие хаотического движения частиц газа. Величины проекции скорости на оси координат будут случайными числами, определяемыми с помощью функции нормального распределения. Последняя будет функцией массы частицы и температуры подложки, по которой происходит движение частиц. Определим N -мерный вектор случайных значений проекции скорости i -ой частицы v_{xij} на ось OX в момент времени j с помощью функции нормального распределения, встроенной в *MathCad*, $v_{xij} = rnorm(N, meanvx, \sigma)_i$. В силу симметрии задачи аналогично можно определить и проекцию вектора скорости v_{yij} на ось OY . Тогда закон наращивания координат будет иметь следующий вид: $dx_{ij} = v_{xij} \cdot dt$, $dy_{ij} = v_{yij} \cdot dt$. Анимационный график положения частиц во времени строится на плоскости XOY по полученным значениям координат частиц. Средства *MathCad*

позволяют последовательно воспроизводить расположения частиц, то есть получать анимированные графики. В итоге мы наблюдаем, как частицы равномерно заполняют контур, начиная свое движение из его первой четверти, при этом процесс движения необратим. Функция энтропии системы определяется как $Y_j = k \cdot \Omega_j$, где k – постоянная Больцмана, Ω – статистический вес (термодинамическая вероятность) – число различных микросостояний, соответствующих данному. В нашем случае Ω определяется как функция частоты посещения частицами каждой координатной четверти P_j . В результате численного моделирования получаем вид функции энтропии системы $Y(x)$, где x – время, и вид фитирующей функции $St(z)$ (Рис.1.).

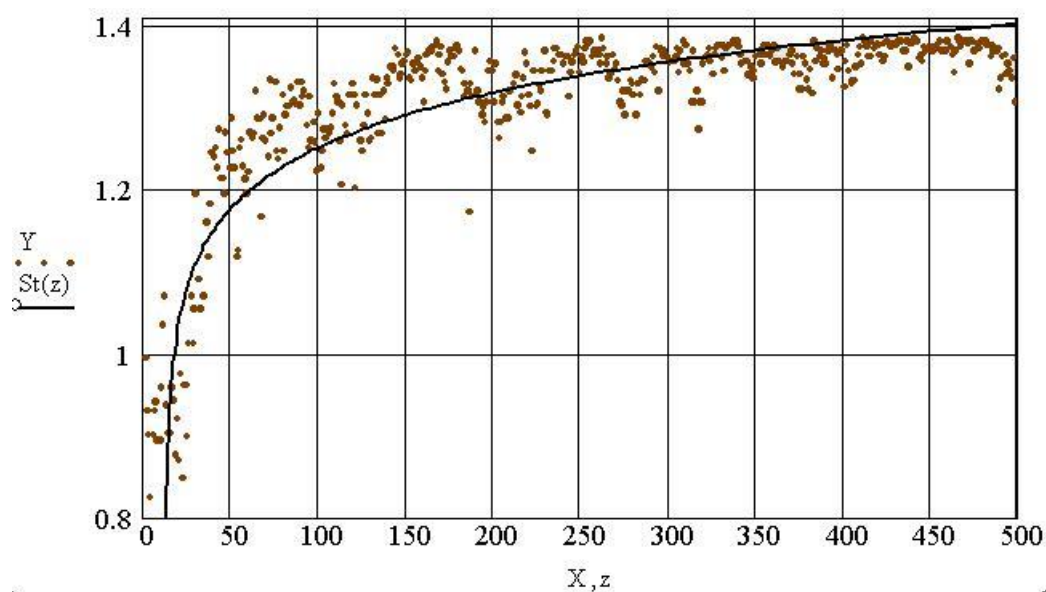


Рисунок 1 – График функции энтропии системы $Y(x)$ и фитирующей функции $St(z)$.

Из графика следует, что значения функции энтропии растут с течением времени, что подтверждает общезначимый закон. Таким образом, пакет *MathCad* является удобной, современной интерактивной средой для моделирования физических процессов, приложения которой могут быть использованы в образовательной среде. В качестве виртуальной лаборатории можно рассматривать данное программное обеспечение, так как оно дает возможность студенту самостоятельно выполнять практические задания и общаться с тьютором с помощью интернет-браузера, который встроен в пакет *MathCad*.