

## **ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ В КУРСЕ ФИЗИКИ**

**Бирюкова Ирина Петровна**

канд. пед. наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», РФ, г. Воронеж

## **SOFTWARE AND INFORMATION SYSTEM FOR STUDYING STATISTICAL DISTRIBUTIONS IN THE COURSE OF PHYSICS**

***Irina Biryukova***

*candidate of Science, associate professor, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Russia, Voronezh*

**Аннотация.** Описывается комплекс программно-информационных средств для изучения статистических распределений. Комплекс включает программы для моделирования распределений Гаусса, Максвелла и Больцмана, теоретический материал, многоуровневую систему учебно-исследовательских задач и указания к их выполнению, контрольные вопросы и тесты.

**Abstract.** The paper describes a system of applications which is designed for studying statistical distributions. The system includes programs for simulating the Gaussian, Maxwell and Boltzmann distributions, the theoretical material, a multi-level system of research tasks and instructions to implement them, checking questions and tests.

**Ключевые слова:** математическое моделирование; обучающее программное обеспечение; статистические распределения.

**Keywords:** computer simulation; educational software; statistical distributions.

При изучении основ статистической физики студенты первого курса нефизических направлений подготовки сталкиваются со значительными трудностями вследствие того, что

они в недостаточной степени владеют понятиями теории вероятности и математической статистики. Поэтому для изучения основных статистических распределений, используемых в молекулярной физике, разработан программно-информационный комплекс, который включает компьютерные модели изучаемых статистических распределений, программное обеспечение для организации познавательной деятельности обучающихся, теоретический материал в виде гипертекстовой структуры, иллюстраций, видеофрагментов, материал для самоконтроля, содержащий вопросы и тестовые задания. Данный комплекс предоставляет средства для освоения методов теоретического и экспериментального исследования статистических распределений; формирования системы знаний физических законов, описывающих состояния систем большого числа частиц; приобретения навыков планирования и выполнения экспериментов, обработки и анализа полученных результатов; ознакомления с методами компьютерного моделирования случайных явлений.

Для усвоения необходимых при изучении статистической физики понятий теории вероятностей и математической статистики, а также методов обработки и наглядного представления статистических данных, оценки параметров распределений вероятностей случайных величин моделируется распределение частиц по ячейкам доски Гальтона [1], которое считается нормальным. Для наглядного представления результатов моделирования автоматически рисуется график, представляющий «мгновенную фотографию» частиц, пролетевших через рассеиватели, а также строится соответствующая результатам моделирования гистограмма, и выводится график плотности вероятности распределения Гаусса с теми же параметрами. Программа позволяет изменять математическое ожидание и дисперсию рассматриваемой случайной величины, количество частиц, число и границы ячеек (интервалов дискретизации).

С помощью рассматриваемой программы изучается влияние математического ожидания и дисперсии на вид нормального распределения, а также влияние числа частиц на проявление статистических закономерностей. В результате работы с данной программой студенты не только формируют навыки обработки статистических данных, но и в практической деятельности усваивают смысл понятий: случайная величина, относительная частота появления значения случайной величины, вероятность, закон распределения вероятностей, математическое ожидание, дисперсия.

Для организации познавательной деятельности обучающихся составлена многоуровневая система учебно-исследовательских заданий, предполагающих проведение вычислительных экспериментов с помощью рассматриваемой компьютерной программы, а также выполнение экспериментов на лабораторной установке «Доска Гальтона» и сопоставление результатов моделирования с реальными экспериментами.

Теоретическое изучение распределения Максвелла можно сделать более наглядным и целенаправленным на основе системы расчетных задач, решаемых с помощью компьютерных программ, автоматизирующих вычисления по формулам и построение графиков. Численный анализ формул, сопровождающийся интерактивным построением графиков, позволяет усвоить в практической деятельности или субъективно «открыть» закономерности данного распределения. В связи с этим для изучения распределения Максвелла молекул идеального газа по скоростям и энергиям теплового движения разработана система расчетных заданий, включающая три группы заданий, направленных на то, чтобы сосредоточить внимание обучающихся на наиболее важных свойствах этого распределения.

Первая группа задач касается выяснения смысла функции распределения и содержит задания на нахождение доли молекул газа, имеющих скорость из единичных интервалов вблизи различных значений скоростей и сравнения полученных результатов в области максимума функции распределения с результатами при больших и малых скоростях. Предлагаются также задания на оценку доли или числа молекул, скорости которых лежат в заданных интервалах, по площади под графиком функции распределения.

Вторая группа заданий предлагается для изучения зависимости вида распределения Максвелла от температуры и молярной массы газа. Например, студенты изменяют температуру газа и следят за изменениями, происходящими с графиком распределения молекул по скоростям, определяя, как изменяется положение и величина максимума

функции распределения, значение наиболее вероятной скорости и значение скорости, начиная с которого вероятность того, что молекулы газа имеют скорость вблизи этого значения, практически равна нулю. Вычисляется также количество молекул, скорости которых лежат в интервале заданной длины в области малых скоростей. Определяется, как зависит это количество от температуры. Аналогичное задание выполняется для интервала такой же величины в области больших температур. Затем проводится исследование зависимости распределения Максвелла по скоростям от молярной массы (или массы молекулы) газа. Подобное исследование проводится также для изучения зависимости распределения Максвелла молекул идеального газа по энергиям теплового движения от температуры.

Третья группа заданий предназначена для освоения методов применения распределения Максвелла для нахождения усредненных характеристик теплового движения частиц и макропараметров идеального газа. Задания предполагают вычисления средних и средних квадратичных скоростей движения молекул, а также давления газа при различных условиях. Ставятся также задачи определения количества молекул, имеющих скорости из заданных интервалов.

Для практического изучения распределения Больцмана используются компьютерные программы, демонстрирующие тепловое движение молекул газов с различной молярной массой в гравитационном поле Земли [2]. Предлагаются следующие задания: изучить, как изменяется распределение молекул газа по высотам при изменении температуры газа; изучить, как изменяется распределение молекул газа по высотам при изменении массы молекул газа; рассчитать концентрацию молекул и давление газа на заданной высоте; исследовать влияние числа молекул на точность оценки вида распределения.

Для организации практического исследования рассмотренных статистических распределений представлена система учебно-исследовательских заданий различного уровня сложности с методическими указаниями к их выполнению. В разделе «Выполнение экспериментов» обучающиеся имеют возможность выбрать необходимую модель и провести по ней вычислительные эксперименты. Имеется также возможность подключать средства Microsoft Office Excel, с помощью которых можно обработать полученные статистические данные, оценить параметры распределений и построить гистограммы по готовым программам или составить новые.

Программный модуль для самопроверки содержит контрольные вопросы по каждому разделу теоретического материала и тестовые задания. По каждому вопросу и тестовому заданию имеется возможность посмотреть правильные ответы и получить помощь. Для работы с программным комплексом не требуется дополнительное обучение и достаточно знаний стандартных интерфейсов Internet Explorer и Microsoft Office Excel.

Разработанный программно-информационный комплекс может применяться в лекционном курсе физики, в физическом практикуме, для самостоятельной работы студентов и при дистанционном обучении.

### **Список литературы:**

1. Бирюкова И.П., Герасимов А.А. Программно-информационный комплекс для моделирования и изучения распределения Гаусса. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5. № 7-1 (33-1). С. 244-246.
2. Шуваев М.А., Бирюкова И.П. Электронное учебно-методическое пособие "Изучение распределения Больцмана". Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 5-1 (16-1). С. 352-355.