

ставлена и описана одна из возможных схем организации учебного процесса.

В учебно-методическом пособии представлены следующие темы.

#### **Тема 1. Матрицы и определители**

Понятие матрицы. Действия над матрицами. Определители. Обратная матрица. Матричная запись и матричное решение системы уравнений первой степени. Формулы Крамера.

#### **Тема 2. Элементы аналитической геометрии**

Прямая линия. Способы задания прямой. Взаимное расположение прямых на плоскости. Линии второго порядка на плоскости: окружность, эллипс, гипербола, парабола. Плоскость, способы её задания. Задание прямой в пространстве. Взаимное расположение двух плоскостей, прямой и плоскости. Расстояния между двумя точками, от точки до плоскости. Деление отрезка в данном отношении. Поверхности второго порядка в пространстве.

#### **Тема 3. Элементы теории множеств**

Множества, способы задания множеств. Подмножества. Равенство множеств. Универсальное множество. Круги Эйлера. Операции пересечения, объединения, разности двух множеств, дополнение множества. Свойства операций над множествами. Декартово (прямое) произведение множеств, его свойства. Множество действительных чисел. Расширение понятия действительного числа (множество  $C$ ). Понятие комплексного числа, его представление. Действия над комплексными числами.

#### **Тема 4. Функции, последовательности и их пределы, непрерывность**

Понятие функции. Способы задания функций. Область определения и область значения функции. Графики основных элементарных функций. Понятие последовательности. Предел последовательности. Основные теоремы о пределах последовательностей. Предел функции. Основные теоремы о пределах функций. Замечательные пределы. Непрерывность функции.

#### **Тема 5. Основы дифференциального исчисления**

Понятие производной, её геометрический и механический смыслы. Понятие дифференцируемости функции. Дифференциал. Правила дифференцирования функций и производные элементарных функций. Приложение производной к исследованию функций: возрастание (убывание) функции, экстремумы; наибольшее и наименьшее значения функции на отрезке; выпуклость и вогнутость графика функции, точки перегиба; построение графиков функций.

#### **Тема 6. Основы интегрального исчисления**

Первообразная функция и неопределённый интеграл. Основные методы интегрирования. Понятие определённого интеграла. Интеграл с переменным верхним пределом. Формула Ньютона Лейбница. Методы интегрирования. Приложения интегралов к решению задач. Несобственные интегралы и их сходимость.

#### **Тема 7. Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных**

Точечные множества в  $N$ -мерном пространстве. Понятие функции нескольких переменных. Непрерывность функции нескольких переменных. Дифференцирование функций нескольких переменных. Дифференциал. Экстремумы функций нескольких переменных.

#### **Тема 8. Числовые и функциональные ряды**

Числовой ряд и его частичные суммы. Сходящиеся ряды. Сложение рядов и умножение ряда на число. Остаток сходящегося ряда. Необходимое условие сходимости числового ряда. Гармонический ряд. Критерий Коши. Необходимое и достаточное условия сходимости ряда с положительными членами. Признаки Даламбера и Коши. Знакопередающиеся ряды. Абсолютно сходящиеся ряды. Функциональный ряд и область его сходимости. Понятие степенного ряда. Теорема Абеля. Интервал и радиус сходимости. Ряды Тейлора и их применение к приближенным вычислениям.

#### **Тема 9. Дифференциальные уравнения**

Понятие об обыкновенном дифференциальном уравнении первого порядка и его решении. Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям. Уравнения с разделяющимися переменными. Однородные дифференциальные уравнения. Линейные уравнения. Уравнение в полных дифференциалах. Основные понятия и определения теории уравнений высших порядков. Уравнения, допускающие понижение порядка. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка. Линейные однородные и неоднородные дифференциальные уравнения второго порядка. Интегрирование линейных однородных и неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения и может быть использовано для подготовки к практическим занятиям, написанию курсовых и выпускных квалификационных работ. Материал данного пособия может быть использован преподавателями для организации процесса обучения по перечисленным выше темам.

### **ПОТОК ЧАСТИЦ БЛИЗНЕГО И ДАЛЬНЕГО КОСМОСА И ЧЕЛОВЕК (учебное пособие)**

Сокуров В.Ф.

*Таганрогский педагогический институт, Таганрог,  
e-mail: cosmicrays2008@yandex.ru*

1. В работе описывается впервые созданная автором на основе результатов проведенного эксперимента **математическая модель** нескольких радиационных потоков: **поток первичных частиц, поток излучения Вавилова-Черенкова и очень низкочастотного радиоизлучения в атмосфере.**

Для исследования первичного энергетического спектра существует несколько подходов, одним из которых является метод измерения по спектру плотностей излучения Вавилова-Черенкова, генерируемого в атмосфере релятивистскими частицами широких атмосферных ливней (ШАЛ). Оказывается, что спектр плотностей черенковского излучения ШАЛ достаточно хорошо отражает первичный энергетический спектр.

Интенсивность потока измерена автором на Якутской установке ШАЛ (ЯКУШАЛ) по потоку черенковских вспышек в атмосфере Земли в диапазоне энергий  $10^{15}$ – $10^{17}$  эВ, на Самаркандской установке (СамГу).

В процессе математического моделирования эксперимента методом Монте-Карло разыгрывался спектр плотностей черенковского излучения ШАЛ в различных вариантах. При этом в расчет закладывалась экспериментально измеренная нами функция пространственного распределения черенковского излучения ШАЛ.

Абсолютная интенсивность получена в первичном спектре при нормировке разыгранного спектра на измеренный.

Таким образом, **из интегрального спектра плотностей черенковского излучения ШАЛ был получен первичный спектр, охватывающий диапазон энергий от  $2 \cdot 10^{15}$  эВ до  $10^{17}$  эВ.** Спектр аппроксимируется функциями:

$$F(>E_0) = 1,8 \cdot 10^{-10} \cdot \left(\frac{E_0}{10^{15}}\right)^{-1,6 \pm 0,04}, \text{ см}^2 \text{с}^{-1} \text{ср}^{-1};$$

$$2 \cdot 10^{15} < E_0 < 5 \cdot 10^{15} \text{ эВ};$$

$$F(>E_0) = 7,1 \cdot 10^{-10} \cdot \left(\frac{E_0}{10^{15}}\right)^{-2,30 \pm 0,05}, \text{ см}^2 \text{с}^{-1} \text{ср}^{-1};$$

$$7 \cdot 10^{15} < E_0 < 10^{17} \text{ эВ}.$$

По флуктуациям потока вторичных частиц **измерена прозрачность атмосферы над Якутской и Самаркандской установками.**

**2. Поток очень низкочастотного радиоизлучения (ОНЧ).**

При прохождении лавины ШАЛ через атмосферу Земли релятивистские частицы ионизируют атомы воздуха.

Возникает столб ионизации

ОНЧ излучение вызвано токами, созданными электрическим полем Земли в ионизационном следе от ШАЛ; амплитуда же электрического вектора волны ОНЧ связана с энергией первичной частицы, вызвавшей это излучение.

Поставлены следующие задачи:

1. В результате моделирования получить амплитудный спектр ОНЧ излучения, согласующийся с экспериментально измеренным автором.

2. На этой основе вывести интегральную функцию распространения, приводящую к согласию модельного спектра с экспериментально измеренным.

В результате розыгрыша потока атмосфериков, инициированных ШАЛ, найти связь между энергетическим спектром космических лучей и спектром плотностей потока атмосфериков.

В математическую модель закладывались следующие функции:  $A(f)$  – амплитудный спектр источника,  $B(f, D)$  – интегральная функция распространения для данного сезона вида, введенная автором в аналитическом виде,  $\Phi(f)$  – аппаратная функция, включающая в себя полосу пропускания и чувствительность на каждом частотном канале.

Из интегрального спектра плотности потока атмосфериков и первичного энергетического спектра ШАЛ, полученных в результате розыгрыша, можно найти коэффициент связи между напряженностью электрического поля атмосфериков, зарегистрированных в данной точке приема, и энергией космических лучей, породивших их.

Этот коэффициент связи получен в виде зависимости, построенной с учетом порога амплитудного отбора напряженности, заложенного в модель, и верхней границы интенсивности спектра:

$$E_0 = 2,36 \cdot 10^{17} \cdot E^{0,71} \text{ эе}.$$

**3. Поток ионизационного излучения, генерируемых частицами сверхвысоких энергий.**

Проведен численный эксперимент, в результате которого получены показатели, позволяющие по вторичным потокам идентифицировать энергетический спектр первичных частиц.

**4. Показано влияние космической радиации на организм человека.**

Начиная с энергий более  $10^8$  эВ за пределами магнитосферы, частицы не могут быть поглощены стенками космического корабля, и поэтому оказывают радиационное воздействие на организм космонавтов на высотах более 800 км.

**Вывод:** для защиты человека за пределами магнитосферы необходимо применять мощные и компактные энергоустановки, способные создать достаточное защитное поле, и эффективные поглощающие материалы.

**5. Получена оценка предельной энергии первичных частиц.**

Разработан механизм ускорения частиц в галактике.

За пределами галактики движение частиц приобретает диффузный характер.

Показано, что прирост энергии частиц, напрямую связан с временем их блуждания в межгалактическом пространстве.

Показано, что частиц с энергией более  $10^{20}$  эВ в природе не существует.

**6. Впервые создана независимая модель интенсивности потока частиц сверхвысоких энергий.**