

- в економічній сфері при аналізі варіантів купівлі-продажу акцій;
- в криптографії при розробці методів шифрування;
- під час доставки пошти при розгляді варіантів пересилання посилок, листів та іншого;
- в біологічній сфері для розшифрування коду ДНК;
- у військовій справі при розташуванні підрозділів;
- в астрології для аналізу розташування планет і сузір'їв;
- в бібліотечній справі при виборі варіантів розставлення книг.

Людині часто доводиться мати справу з завданнями, в яких потрібно підрахувати число всіх можливих способів розташування деяких предметів або число всіх можливих способів здійснення певної дії. Різні шляхи або варіанти, які доводиться вибирати людині, складаються в найрізноманітніші комбінації. І цілий розділ математики, званий комбінаторикою, зайнятий пошуком відповідей на питання: скільки всього є комбінацій в тому чи іншому випадку.

Дану тему можна розвивати і розвивати. Комбінаторика всюди. Комбінаторика навколо нас.

### Список використаних джерел:

1. Бродський Я.С. Комбінаторика без формул. Знайомство з імовірністю та статистикою. – Х.: Вид. група «Основа», 2004. (Б-ка ж. «Математика в школах України»; Вип. 8(20)).
2. Бродський Я.С., Павлов О.Л. Шляхи формування комбінаторного мислення в учнів 5-6 класів // Х.: Основа, Математика в школах України. – 2006. – № 22-24.
3. Теорія ймовірності. пункт 1.3 – Тичинська Л.М., Черепащук А.А. – Адреса сторінки сайту: [http://posibnyky.vntu.edu.ua/t\\_i/13.htm](http://posibnyky.vntu.edu.ua/t_i/13.htm).
4. Бродский Я. Об изучении элементов комбинаторики, вероятности, статистики в школе // Математика. – 2004. – № 31. – С. 2-8.

**Фрицак М.В.**

*студент,*

*Киевский национальный университет*

*имени Тараса Шевченко*

## **ОПИСАНИЕ МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ ГИСТОГРАММ В ПРОГРАММЕ RUTHIA 8 НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ИМПУЛЬСА Z-БОЗОНА**

Основная задача физики высоких энергий – изучение строения материи на экстремально малых расстояниях. Для этого необходимы ускорители – установки, создающие интенсивные потоки пробных частиц. Изучение процессов взаимодействия этих элементарных частиц при высоких энергиях является основой физической программы современных ускорителей [1].

Цель нашей работы заключается в построении гистограмм поперечного импульса Z-бозона. Мы используем компьютерные регистрации продуктов

протон-антипротонных столкновений при энергиях, соответствующих энергиям Тэватрона. Для решения таких задач применяются программы класса «event generator», в основе работы которых заложен метод Монте-Карло. Мы будем исследовать поперечный импульс  $Z$ -бозона с помощью генератора событий PYTHIA 8.

Для корректного моделирования процессов рождения и распада частиц необходимо учитывать условия проведения эксперимента: условия рождения изучаемых частиц на ускорителе при соответствующих энергиях сталкивающихся пучков, полные цепочки распадов частиц до уровня «стабильных частиц», регистрируемых детектором. В данной работе исследуется протон-антипротонное столкновение с энергией центра инерции 1,96 TeV., проводившееся на кольцевом ускорителе-коллайдере – Тэватроне.

Для того, чтобы начать работу в программе PYTHIA 8, целесообразным, с практической точки зрения, является создание файла формата.cmnd с исходными данными. В нем задаются: начальные частицы, их энергия столкновения, а также другие факторы, влияющие на исход эксперимента [2]. При заполнении данного файла стоит учитывать, что в одной строке может идти прирост только одного значения:

```
variable = value
```

Для нашей задачи файл данного формата будет выглядеть таким образом:

```
Beams:idB = -2212
Beams:eCM = 1960.
WeakSingleBoson:ffbar2gmZ = on
PhaseSpace:mHatMin = 80.
PhaseSpace:mHatMax = 120.
```

В данном файле мы не задали одну из участвующих в столкновении частиц, – протон, так как она задана в программе PYTHIA 8 по умолчанию. В то же время добавление строки

```
Beams:idA = 2212
```

не является ошибкой и не влияет на конечный результат.

Затем для построения гистограмм воспользуемся классом Hist. Гистограммы в программе PYTHIA 8 задаются в формате:

Hist название\_таблицы («заголовок таблицы» A, B, C);

где A – количество ячеек, B и C – соответственно нижняя и верхняя границы измеряемой величины.

Для нашей задачи:

```
Hist pTZ(«dN/dpTZ», 100, 0., 100.);
```

Необходимо учесть, что для статистического анализа полученных данных надо сгенерировать достаточно большое количество проведенных симуляций для рассматриваемых процессов [3]. Для многократного запуска программы можно использовать цикл:

```
for (int iEvent = 0; iEvent < X; ++iEvent) { (1),
```

где X– нужное нам число проведенных симуляций.

Чтобы симуляции продолжались даже при обнаружении ошибки, в тело цикла (1) добавляется условие:

```
if (!pythia.next()) continue;
```

Перейдем к заполнению гистограммы. Продолжая работать в теле цикла (1), создаем переменную *iZ*, соответствующую найденному *Z*-бозону, а также создаем еще один цикл, отвечающий за построение гистограммы значений поперечного импульса:

```
int iZ = 0;
for (int i = 0; i < pythia.event.size(); ++i) (2)
    if (pythia.event[i].id() == 23) iZ = i;
    pTZ.fill(pythia.event[iZ].pT());
```

В строке (2) с помощью кодов частиц в формате PGD из всех частиц, «родившихся» после столкновения, выбираем интересующий нас *Z*-бозон. Значение, содержащееся в переменной *pythia.event[iZ].pT()*, отвечающей за поперечный импульс определенной частицы, передаем в гистограмму.

Для вывода гистограмм воспользуемся функцией `cout<<`, в нашем случае строка будет выглядеть следующим образом:

```
cout << pTZ;
```

Запуск программы, а также вывод в консоль или в отдельный файл производится с помощью команды:

```
make название_файла
```

Затем вводим команду:

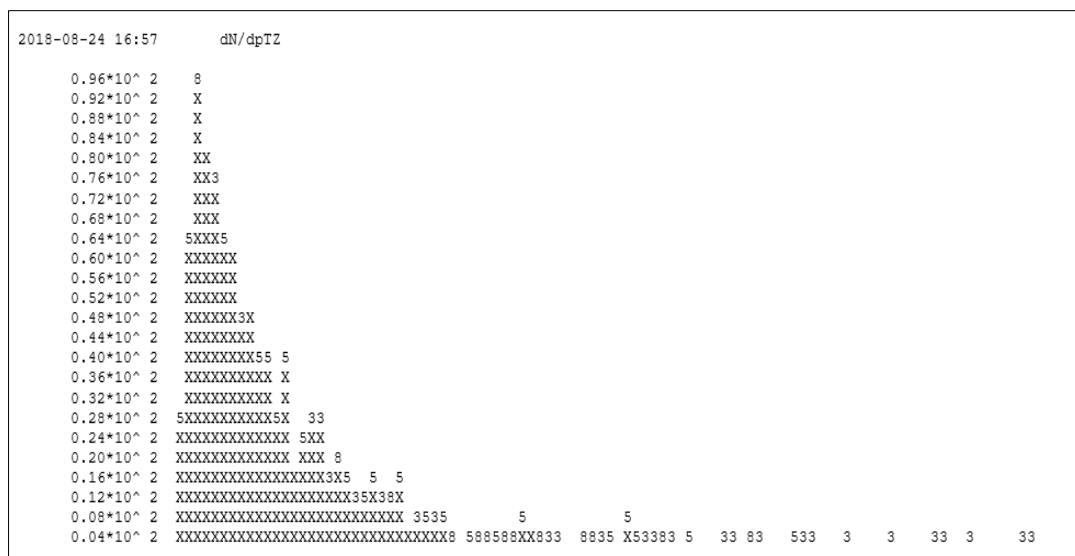
```
./название_файла (3)
```

Для того, чтобы вывести результаты вычислений непосредственно в файл, строка (3) должна быть введена в следующем формате:

```
./название_файла > запись_данных,
```

где «запись\_данных» – любое название файла, в который происходит сохранение данных.

Итак, мы получили гистограмму спектра поперечного импульса *Z*-бозона (рис. 1)



**Рис. 1. Гистограмма спектра поперечного импульса *Z*-бозона**

Вывод. Способ построения гистограмм в программе PYTHIA 8, описанный в данной работе, является универсальным и может быть использован для исследования других элементарных частиц, таких как: W-бозоны, B-мезоны и т. д. В то же время гистограммы могут быть построены для других измеряемых величин: импульса, угла разлета частиц, псевдорapidити, что открывает широкие возможности для исследования струй при генерации протон-протонных столкновений, проводимых на LHC.

#### Список использованных источников:

1. Гончарова Н.Г., Ишханов Б.С., Курилик А.С. и др. Рождение и распад Z-бозонов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/zbozon/index.html>.
2. Stefan Ask, MC4BSM-2012 Tutorial: PYTHIA8, 10, 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://home.thep.lu.se/~torbjorn/pythia8/bsmworksheet8162.pdf>.
3. Even Gillies, Pythia8 to HerMC to Rivet, 16, 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rivet.hepforge.org/rivet-tutorial-18x-gillies.pdf>URSS.

**Чуйко В.С.**

*студент,*

*Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка*

### ВИОКРЕМЛЕННЯ ВНЕСКУ КОВАЛЕНТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ІЗ ПОВНОЇ ЕНЕРГІЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ПІДСИСТЕМИ МОЛЕКУЛ

Поняття ковалентного зв'язку, сформованого двома електронами, лежить в основі використовуваної у хімії моделі будови молекул. Однак, узгодження такої моделі з фізично коректним описом електронної структури молекул, який дає квантова механіка, стає можливим тільки в рамках одного з численних наближених підходів [1]. Залежно від обраної моделі, у різний спосіб може бути оцінений і внесок того чи іншого міжатомного зв'язку до загальної енергії зв'язування молекули.

Метою даної роботи є оцінка коректності встановлених ковалентних зв'язків за методикою [2] та оцінка внеску таких зв'язків до загальної енергії зв'язування молекули. Енергії ковалентних зв'язків визначалися з умови щонайточнішої апроксимації повної енергії молекули, знайденої з

квантово-хімічних розрахунків методом MP2/def2-TZVPP, лінійною функцією:

$$E_{total} = \sum_i a^i E_j + \sum_j b^j E_{j0} \quad (1),$$

Де  $a^i$  – кількість ковалентних зв'язків певного типу в окремій молекулі,  $E_j$  – шукана енергія міжатомного зв'язку  $i$ -го типу,  $b^j$  – кількість атомів певного виду в окремій молекулі,  $E_{j0}$  – енергія ізольованих атомів  $j$ -го типу, а саме: -0,5 Хартрі для Н, -37,70346 Хартрі для С, -74,86895 Хартрі для О, -54,54233 Хартрі для N (1 Хартрі=27,2114 еВ).