

2. Junior [Электронный ресурс] / Сайт о 3D. – URL: <https://junior3d.ru>. – Дата доступа: 24.02.2022.

В. Р. Куриленко

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **С. А. Лукашевич**, ст. преподаватель;

А. А. Панков, д-р физ.-мат. наук, профессор

РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОН АННИГИЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ RUTHIA

Программа Pythia 8.2 [1] является стандартным инструментом для генерации высокоэнергетических столкновений (в частности, она фокусируется на энергиях центра масс, превышающих примерно 10 ТэВ), включающим согласованный набор физических моделей для эволюции из нескольких тел высокоэнергетического («жесткого») процесса рассеяния к сложному многоадронному конечному состоянию. Частицы образуются в вакууме. Моделирование взаимодействия полученных частиц с материалом детектора не включено в Pythia, но при необходимости может быть выполнено путем сопряжения с внешними кодами моделирования детектора.

Цель программы Pythia является моделирование процессов столкновения элементарных частиц при высоких энергиях на ускорителях элементарных частиц методом Монте-Карло.

Основной аннигиляционный процесс – номер 1, $e^+e^- \rightarrow Z^0$ [2], где фактически включена полная интерференционная структура γ^*/Z^0 . Этот процесс может использоваться с достаточной степенью достоверности получаемых результатов в любом будущем линейном ускорителе.

Целью работы является овладения навыков работы с программой Pythia на примере расчета простейших процессов электрон-позитрон аннигиляции, в частности процесса аннигиляционного рождения мюонных пар. В работе вычисляются базовые физические наблюдаемые величины, такие как полное сечение и асимметрия вперед-назад с использованием как программы Pythia, так и хорошо известных аналитических выражений для указанных наблюдаемых в рамках Стандартной модели.

Для расчета исследуемых процессов необходимо задать следующие параметры:

Beams:eCM – энергия столкновения;
 Beams:idA и Beams:idB – код частицы в PDF;
 PartonLevel:MPI – отключение многопартонного взаимодействия;
 PartonLevel:ISR – отключение начального излучения;
 PartonLevel:FSR – отключение конечного излучения;
 WeakSingleBoson:ffbar2ffbar(s:gmZ) – задание реакции.

```

Pythia pythia;
pythia.readString("Next:numberCount=0");
pythia.settings.parm("Beams:eCM", ee);
pythia.readString("Beams:idA = 11.");
pythia.readString("Beams:idB = -11.");
pythia.readString("PartonLevel:MPI = off");
pythia.readString("PartonLevel:ISR = off");
pythia.readString("PartonLevel:FSR = off");
pythia.readString("SigmaProcess:alphaEMorder = -1");
pythia.readString("WeakSingleBoson:ffbar2ffbar(s:gmZ) = on");
pythia.readString("WeakZ0:gmZmode = 0");
pythia.readString("23:onMode = off");
pythia.readString("23:onIfAny = 13");
pythia.readString("22:onMode = off");
pythia.readString("22:onIfAny = 13");
pythia.readString("PDF:lepton = off");
pythia.init();
  
```

Рисунок 1 – Инициализация процесса

```

nPos=0;
nNeg=0;
for (int iEvent = 0; iEvent < numEvent; ++iEvent)
{
  if (!pythia.next())
    continue;
  i11=0;
  for (int i = 0; i < pythia.event.size(); ++i)
  {
    if(pythia.event[i].isFinal() && pythia.event[i].id() == 13)
    {
      i11=i;
    }
  }
  k1=pythia.event[i11].p();
  if(k1.pz()>=0.)
  {
    nPos++;
  }
  else
  {
    nNeg++;
  }
  num++;
  if ((iEvent + 1) % (numEvent / 10) == 0)
  {
    cout << iEvent + 1 << " events have been generated." << endl;
  }
}
asym=(double)(nPos-nNeg)/(nPos+nNeg);
pythia.stat();
sigmatot = pythia.info.sigmaGen()*1e-3;
  
```

Рисунок 2 – Расчет сечения и асимметрии вперед-назад

Результаты численного анализа представлены в таблице 1, где содержатся результаты численного расчета процесса, выполненные с помощью Pythia и аналитических формул.

Таблица 1 – Расчеты физических наблюдаемых, выполненные с помощью Pythia и аналитических формул

\sqrt{S} , ГэВ	σ , pb			AFB		
	Pythia 1000 событий	Pythia 10000 событий	Аналити- ческий расчет	Pythia 1000 событий	Pythia 10000 событий	Аналити- ческий рас- чет
50	40,267	40,168	40,105	-0,258	-0,217	-0,222
100	52,737	53,190	52,937	0,616	0,585	0,587
150	5,701	5,81	5,778	0,654	0,625	0,638
200	2,935	3,002	2,961	0,548	0,547	0,556
250	1,804	1,874	1,842	0,5	0,51	0,523
300	1,225	1,283	1,263	0,494	0,499	0,506
350	0,897	0,931	0,921	0,466	0,481	0,496
400	0,682	0,711	0,702	0,458	0,474	0,489
450	0,539	0,560	0,553	0,454	0,470	0,485
500	0,436	0,453	0,447	0,436	0,467	0,482

Из информации, содержащейся в таблице 1, можно сделать вывод, что результаты расчетов, выполненных с помощью Pythia, совпадают с расчетами, выполненными на основе аналитических выражений для наблюдаемых с достаточным уровнем точности.

Литература

1. Documentation for PYTHIA 8.307 [Электронный ресурс] // Официальный сайт PYTHIA. – URL: <https://pythia.org/>. – Дата доступа: 24.03.2022.
2. Pankov, A. A. High-precision limits on W – W' and Z – Z' mixing from diboson production using the full LHC Run 2 ATLAS data set / A. A. Pankov, P. Osland, I. A. Serenkova, V. A. Bednyakov // Eur. Phys. J. C. – 2020. – 80. – no. 6, pp. 503–525.