

## Литература

- [1] Никифоров А.Ф., Суслов С.К., Уваров В.Б. *Классические ортогональные полиномы дискретной переменной.* - М.: Наука, 1985.- 216 с.
- [2] Савва В.А., Зеленков В.И., Мазуренко А.С. *Аналитические методы в динамике многофотонного возбуждения молекул инфракрасным излучением.* ЖПС.- 1993.- Т. 58, N 3-4.- С. 256-270.
- [3] Mazurenko A.S., Savva V.A., Zelenkov V.I. *Analytic Solutions for Dynamics of Multilevel Molecular Systems with many Vibrational Resonances Excited by IR Laser Radiation.* Journal of Molecular Structure.- 1995.- V. 348. P. 151--154.

### **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ REDUCE ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ В ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ ГЛУБОКОНЕУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЛЕПТОНОВ И НЕЙТРИНО НУКЛОНАМИ**

**В.А. Зыкунов, С.И. Тимошин**

г.Гомель,

Гомельский политехнический институт им.П.О.Сухого

zykunov@gpi.gomel.by

*The necessity of the application of computer algebra systems for the calculations of the radiative effects in the processes of the polarized particles interactions has been grounded. The basic stages of calculations of electroweak correction to polarized electron-proton deep inelastic scattering with the help of computer algebra system REDUCE have been described*

Системы аналитических вычислений (САВ) используются в физике частиц и высоких энергий уже несколько десятилетий. Наиболее ярким

примером эффективности применения САВ являются расчеты радиационных эффектов (РЭ). Исследование РЭ в процессах взаимодействия частиц представляет собой сложную задачу, поскольку связано с расчетом большого числа диаграмм высших порядков теории возмущений. Трудности многократно возрастают, если учитывается поляризация взаимодействующих частиц. Поэтому решение такого рода задач с учетом потребностей современных экспериментов является невыполнимым без применения САВ.

Использование САВ позволило нам в сотрудничестве с Национальным центром физики частиц и высоких энергий (проф. Н.М.Шумейко) выполнить расчет РЭ в процессах глубоконеупругого рассеяния (ГНР) заряженных поляризованных лептонов и нейтрино на поляризованных нуклонах:

- 1) электромагнитной поправки низшего порядка к адронному току в  $IN$ -ГНР [1]
- 2) электрослабой поправки к наблюдаемым величинам в (анти)-нейтрино-нуклонном ГНР для заряженного и нейтрального тока [2]
- 3) электрослабой поправки к наблюдаемым в  $ep$ -ГНР с заряженным слабым током [3]

В качестве примера рассмотрим расчет сечения тормозного излучения (ТИ) в последней задаче

$$e^{- (+)} + p \xrightarrow{W} \nu_e^{(-)} + X + \gamma$$

Инклюзивная постановка эксперимента для процесса (1) позволяет получить точные формулы для сечения ТИ, интегрируя по полному фазовому объему тормозного фотона. Расчет подобных величин в квантовой теории поля представляет собой чрезвычайно громоздкую операцию, для выполнения которой нами была использована САВ

REDUCE [4]. С ее помощью были проделаны следующие этапы вычислений:

1) нахождение квадрата модуля матричного элемента процесса ТИ упругого рассеяния поляризованного электрона (позитрона) на поляризованном (анти)кварке;

Приведем фрагмент программы для расчета ТИ из лептонной линии ( $\sigma_l$ ):

$$\sigma_l \sim g(l, \mu) * (-zz1) * (2 * k1 \cdot alf - g(l, k) * g(l, alf)) * g(l, k1) * (1 + g(l, A)) * (-zz1) * (2 * k1 \cdot alf - g(l, alf) * g(l, k)) * g(l, \nu) * g(l, k2) * g(l, \mu) * g(l, p1) * (1 + g(l, A)) * g(l, \nu) * (g(l, p2) + mm2) * 16$$

Здесь \$k1, k, k2, p1, p2\$ - 4-импульсы частиц, участвующих в реакции, \$mm2\$-масса конечного кварка, \$zz1\$--величина, обратная инварианту \$z1\$

2) замена скалярных произведений 4-импульсов начальных и конечных частиц на инварианты процесса \$2 \to 3\$ [3];

3) вычитание согласно методу [5] инфракрасно-расходящейся части сечения;

4) аналитическое вычисление интегралов по полному фазовому объему тормозного фотона, встречающихся при расчете сечения и сведение их в таблицу [3] (для получения интегралов использовалась REDUCE-программа расчета и факторизации определителя Грама и [6]);

5) сведение путем подстановок всех комбинаций инвариантов к единой форме, а затем, с помощью таблицы интегралов, интегрирование сечения по полному фазовому объему тормозного фотона;

6) выполнение приближения кварк-партонной модели путем пренебрежения масс лептонов и кварков по сравнению с инвариантами (предварительно проводилась процедура сокращения масс, стоящих в знаменателях таблицы интегралов из [3]);

7) факторизация полученного результата с целью выделения комбинаций, содержащих неопределенность  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$  в точке, отвечающей

инфракрасному пределу ( $\nu=0$ ), типа  $(L_A - L_S)/\nu$  и  $L/\nu$ , для возможности последующего численного анализа.

Проведенные аналитические расчеты с применением CAB REDUCE позволили получить компактные формулы для конечной части сечения ГИ в процессе поляризованного ГНР электронов(позитронов) нуклонами, которые удобно применять для получения численных оценок электрослабых поправок к наблюдаемым величинам в  $ep$ -ГНР.

[1]Зыкунов В.А., Тимошин С.И., Шумейко Н.М. // ЯФ. 1995. Т.58. С.2021.

[2]Зыкунов В.А., Тимошин С.И., Шумейко Н.М. // ЯФ. 1997. Т 60. С.1415.

[3]Shumeiko N.M., Timoshin S.I., Zykunov V.A. // J.Phys.G. 1997. V.23. P.1593.

[4]Гурин Н.И., Скоморохов А.Г. Аналитические вычисления в системе REDUCE: Справочное пособие. - Мн.: Наука и техника, 1989. - 119 с. - ISBN 5-343-00391-5\

Еднерал В.Ф., Крюков А.П., Родионов А.Я. Язык аналитических вычислений REDUCE. М.: Изд-во МГУ, 1983. Ч.1; 1987. Ч.2.

[5] Bardin D.Yu, Shumeiko N.M // Nucl.Phys.1977.V.B127.P.242.

[6] Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. Интегралы и ряды - М.: Наука. 1981.

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕНЗОРНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ ОПИСАНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ СВОЙСТВ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ**

**Кондратенко А.В., Бокун Г.С., Немцов В.Б.**

Белорусский Государственный Технологический Университет, Минск

*Liquid crystals possess a lower symmetry than isotropic liquid. This fact arrives to rather complicated expressions for tensors describing material properties*