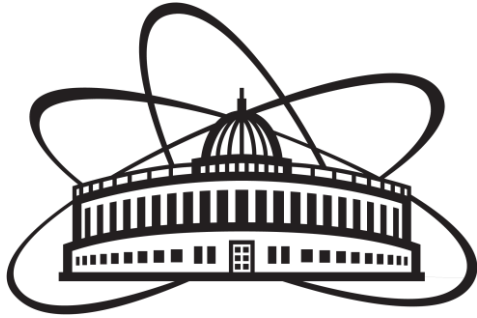


10th International Conference “Distributed Computing and Grid Technologies in Science and Education”



Моделирование свойств мезонов в нелокальной КХД



Глуховцев П.И.

Университет «Дубна»

Лаборатория Информационных Технологий имени М.Г. Мещерякова

Дубна, GRID-2023, 6.07.2023

Цель

- Расчет спектра масс, распадов формфакторов адронов в нелокальной КХД.

Математическая модель

$$I_2 = \int_0^1 \alpha_1^a (1 - \alpha_1)^b d\alpha_1 \int_0^\infty \frac{t^m}{(1+t)^n} F[Z_0] dt,$$

$$I_3 = \int_0^1 \alpha_1^a (1 - \alpha_1)^b d\alpha_1 \int_0^{(1-\alpha_1)} \alpha_2^c (1 - \alpha_2)^d d\alpha_2 \int_0^\infty \frac{t^m}{(1+t)^n} F[Z_0] dt,$$

где

$$Z_0 = tD + \frac{t}{1+t} R^2,$$

$$R = \alpha_1 q_1 + \alpha_2 q_2,$$

$$D = \alpha_1 (q_1^2 + m_1^2) + \alpha_2 (q_2^2 + m_2^2) + \alpha_3 m_3^2 - R^2,$$

$$F[Z_0] = e^{-2*Z_0} - \text{Формфактор взаимодействия.}$$

Выбор средств реализации

Требования:

- Язык программирования C++
- Запуск на *hybrilit*
- *Расчет интегралов для математической модели с заданной точностью*
- Адаптируемость полученных результатов к требованиям экспериментального комплекса NICA

В результате было решено использовать *GNU Scientific Library (GSL)*

Некоторые преимущества:

- Адаптивное интегрирование (С особыми точками, известными особыми точками, на бесконечном интервале)
- Наличие подробной документации и удобные коды ошибок
- Хорошие функциональные возможности при дальнейшем расширении программы

Методы решения

Для численного интегрирования используется алгоритм QAG. Необходимые для интегрирования действия осуществляют следующие функции:

1) QAG

Эта функция адаптивно применяет правило интегрирования (*Gauss-Kronrod*) до тех пор, пока оценка интеграла не будет достигнута в желаемых пределах абсолютной и относительной погрешности.

$$I = \int_a^b f(x)dx$$

2) QAGIU

Эта функция вычисляет интеграл функции по полубесконечному интервалу. Интеграл отображается на полуоткрытый интервал с помощью преобразования:

$$x = a + (1 - t)/t,$$

$$\int_a^{+\infty} dx f(x) = \int_0^1 dt f(a + (1 - t)/t)/t^2$$

Затем используется алгоритм интегрирования QAGS (*Gauss-Kronrod* на 15 точках с концентрацией точек вокруг возможных особенностей).

Реализация: пример

1. Инициализируем экземпляр класса I3/I2 с необходимыми параметрами степеней
2. Задаем массу в нужном диапазоне (Например [0.15;1], при $m_1=m_2=m_3$)
3. Запускаем расчеты
 - Происходит выделение памяти под область расчетов для каждой функции интегрирования
 - После окончания освобождаем выделенные ресурсы и возвращаем значения
4. Записываем результаты в файл

Пример компиляции и запуска на локальной машине:

```
[pavelg@jlabhpc I2]$ module add gcc/v11.2.0
```

```
[pavelg@jlabhpc I2]$ module add GSL/v2.6
```

```
[pavelg@jlabhpc I2]$ g++ integration.cpp -lgsl -lgslcblas -o run
```

```
[pavelg@jlabhpc I2]$ ./run
```

```
327 I3 i3(a, b, c, d,m,n);
328 #pragma omp parallel for
329 for(int i=0;i<steps;i++){
330     results[i] = i3.calcIntegral(p1p1, p2p2,
331                                 mass[i], mass[i],
332                                 mass[i], PP);
333 }
```

```
189 gsl_integration_workspace * w = gsl_integration_workspace_alloc (100);
190 gsl_function F;
191 F.function = *i2;
192 F.params = params;
193 gsl_integration_qagiu(&F, 0, 0, 1e-7, 100,
194                      w, &result, &error);
195 gsl_integration_workspace_free (w);
196 return result;
```

```
159 gsl_integration_workspace * w = gsl_integration_workspace_alloc (100);
160 F.function = *i1;
161 F.params = &params;
162 gsl_integration_qag(&F, 0, 1, 0, 1e-4, 100, GSL_INTEG_GAUSS61,
163                    w, &result, &error);
164 gsl_integration_workspace_free (w);
165 return result;
```

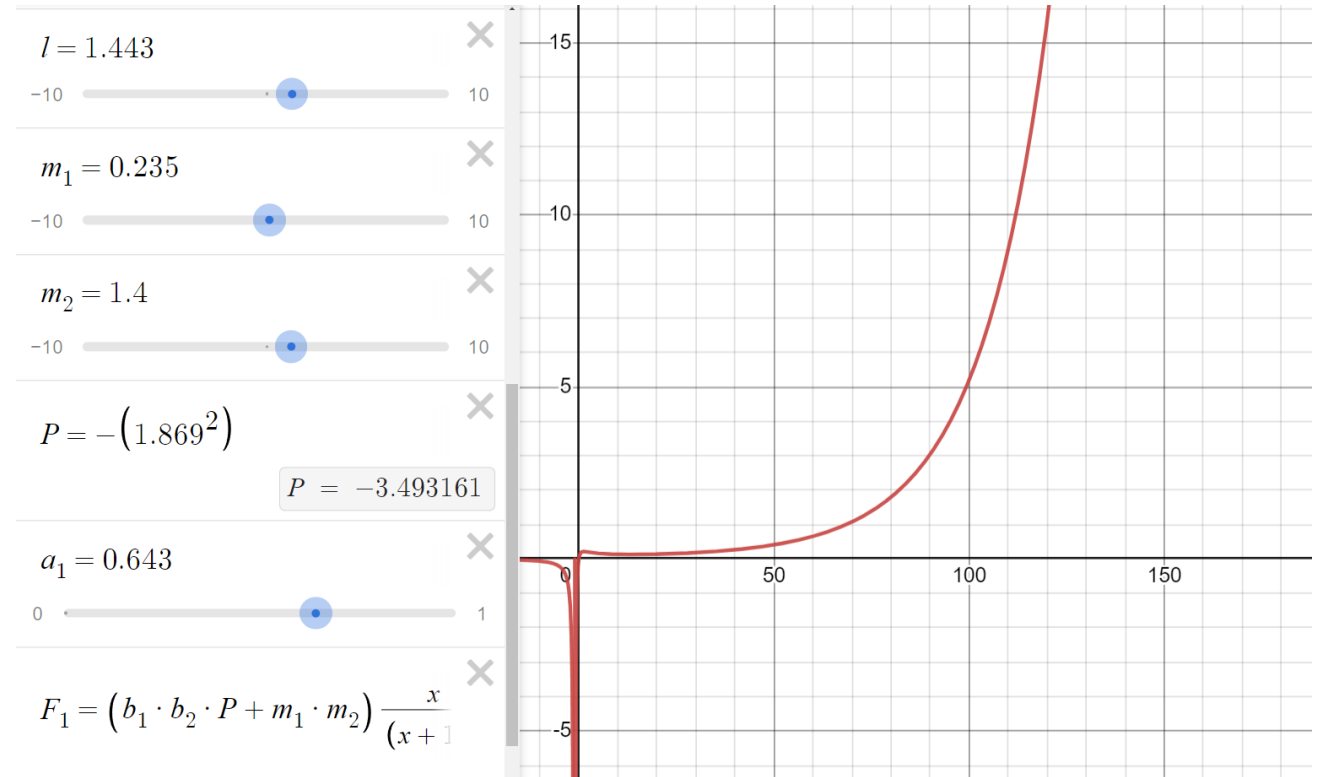
Реализация: пример

$$\int_0^1 \alpha_1^a (1 - \alpha_1)^b d\alpha_1 \int_0^\infty \frac{t^m}{(1+t)^n} F[Z_0] dt$$

$$(b_1 + b_2) b_1 P P^2 \int_0^1 \alpha_1 d\alpha_1 \int_0^\infty \frac{t^2}{(1+t)^3} F[Z_0] dt$$



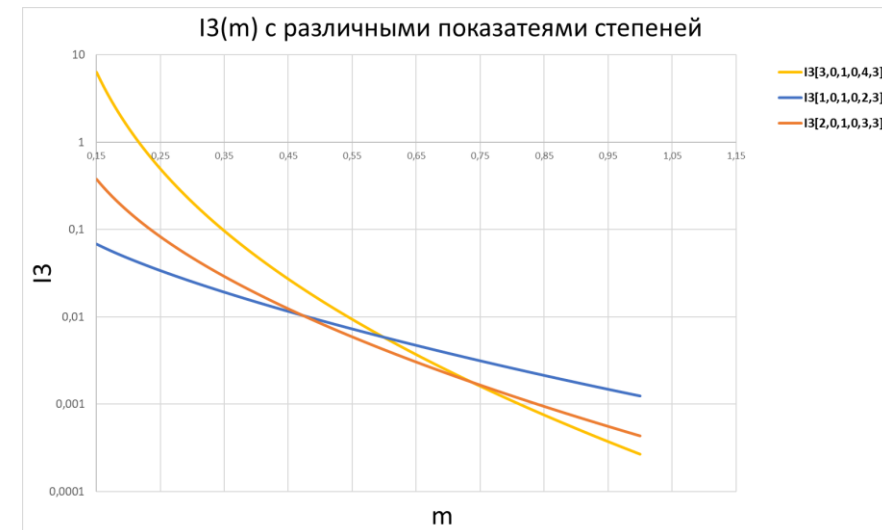
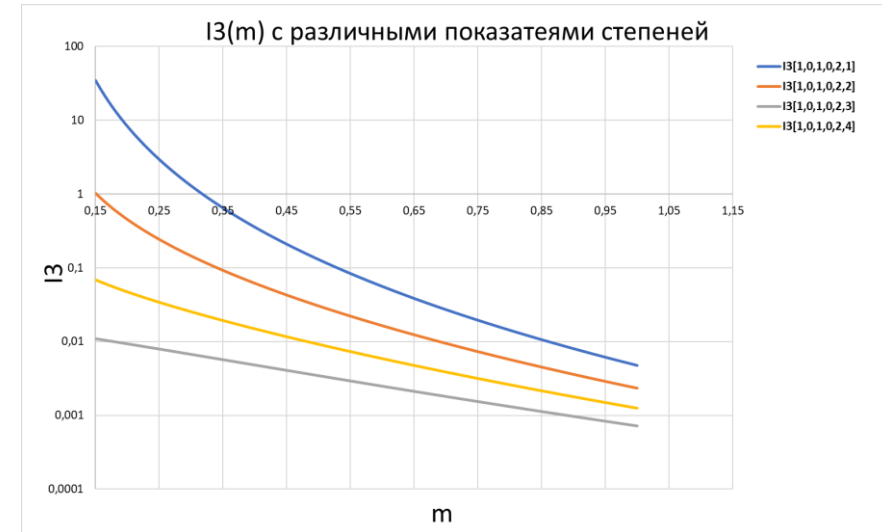
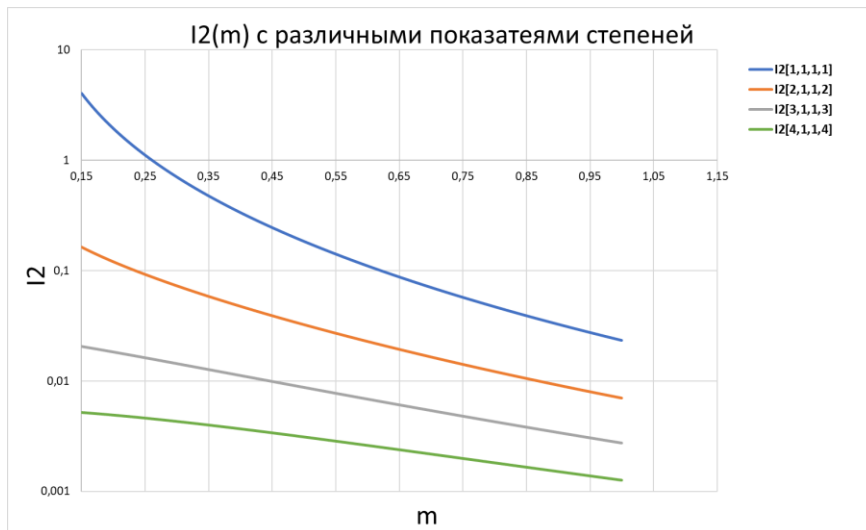
`C1*i2.integral(1,0,2,3);`



```
gsl: ../../integration/qags.c:547: ERROR: cannot reach tolerance because of roundof
f error
Default GSL error handler invoked.
Aborted
```

Результаты

- Реализована программа для расчетов спектра масс, распадов формфакторов адронов на языке *c++* с использованием библиотеки *GSL*.
- Результаты с заданной точностью совпадают с расчетами, проведенными на *Fortran* и *Wolfram Mathematica*



Перспективы

- Расчет конкретных формфакторов и ширин распадов на экспериментальных данных
- Автоматическое построение таблиц необходимых величин на основе вводимых параметров (Массы, константы распадов)
- Разработка библиотеки