

Свойства спектаторной материи в столкновениях релятивистских ядер

Светличный Александр Олегович

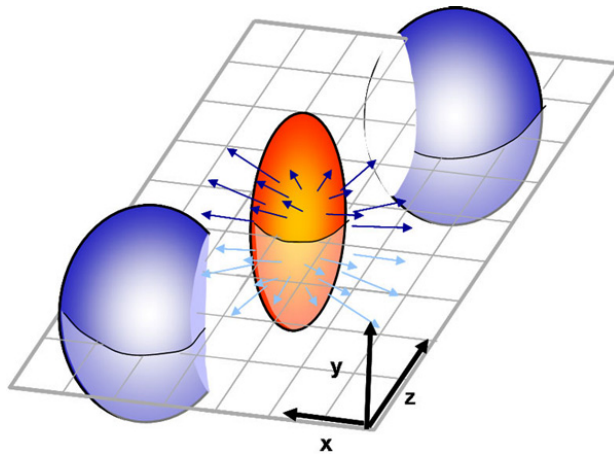
План доклада

- Предмет изучения: фрагментация релятивистских ядер.
- Описание использованных моделей
 - Модель Глаубера
 - Гипергеометрическая модель
 - Формула Эриксона и параметризация ALADIN
 - Испарительная модель
 - Модель мультифрагментации
- Результаты вычислений
 - Glauber Monte Carlo для генерации префрагментов
 - Моделирование распада возбужденных префрагментов
- Выводы

Фрагментация релятивистских ядер

Цель исследования: теоретическое изучение свойств spectatorной материи в столкновениях релятивистских ядер.

- Изучение образования промежуточных возбужденных связанных состояний – префрагментов
- Вычисление энергии возбуждения перфрагмента
- Девозбуждение (распад) spectatorной материи

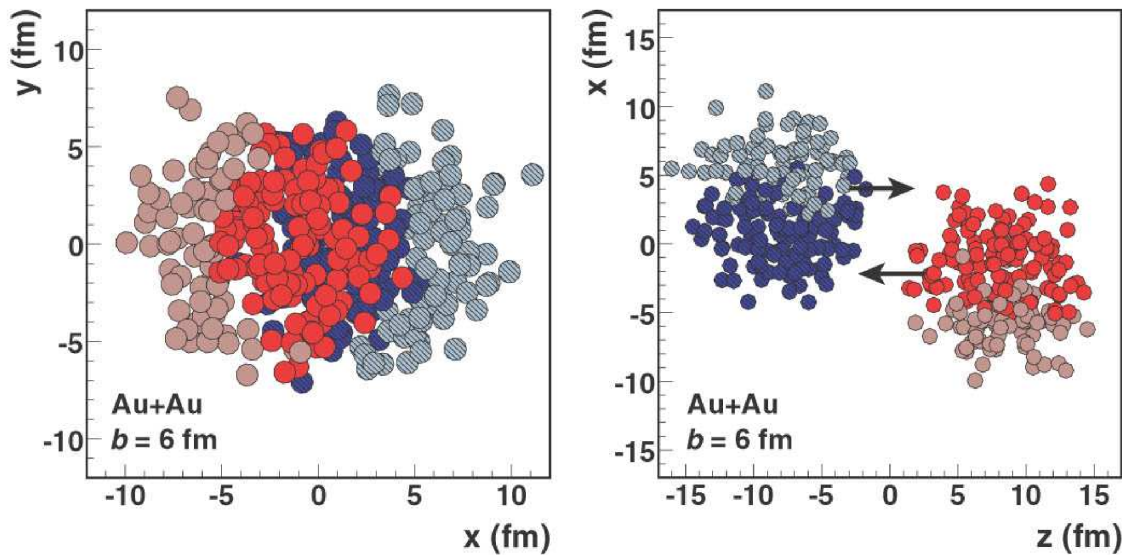


[1] <http://www.interactions.org/sgtw/2006/1025/>

Описание моделей: модель Глаубера

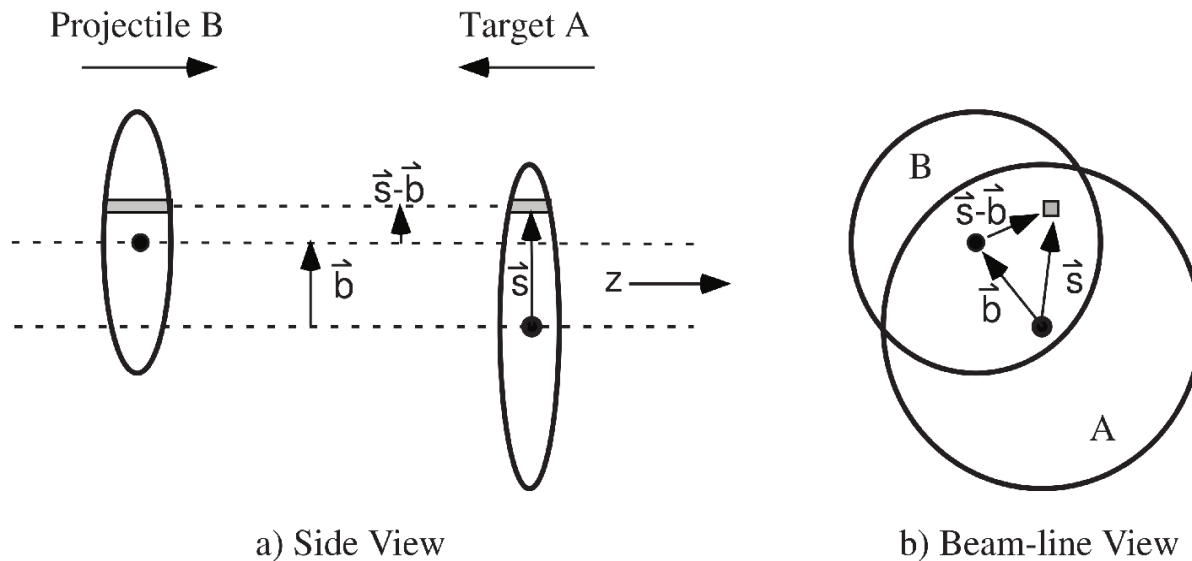
Предположения модели Глаубера

- Фаза рассеяния на ядре является суммой фаз рассеяния на отдельных нуклонах
- Рассмотрение происходит в пределе геометрической оптики
- Ядерная волновая функция не изменяется за время столкновения



[2] Glauber Modeling in High Energy Nuclear Collisions // M. Miller, K. Reygers et al. // Annu. Rev. Nucl. Part. Sci. 2007

Описание моделей: модель Глаубера



$$\hat{t}(s) = \int \hat{\rho}(s, z) dz, \quad \hat{T}(b) = \int \hat{t}(s) \hat{t}(s-b) d^2s$$

$$N_{part} = A \int \hat{T}(s) [1 - (1 - \hat{T}(s-b) \sigma_{NN})] ds, \quad A_{pref} = A - N_{part}$$

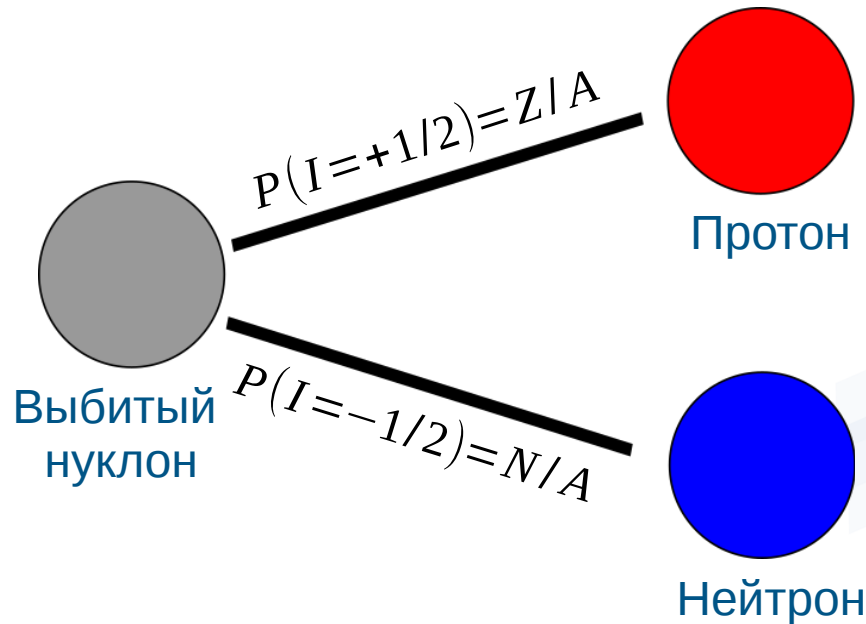
$\hat{T}(b)$ - функция профиля или толщинная функция.

[2] Glauber Modeling in High Energy Nuclear Collisions // M. Miller, K. Reygers et al. // Annu. Rev. Nucl. Part. Sci. 2007

Описание моделей: гипергеометрическая модель

Протоны и нейтроны выбиваются **независимо**

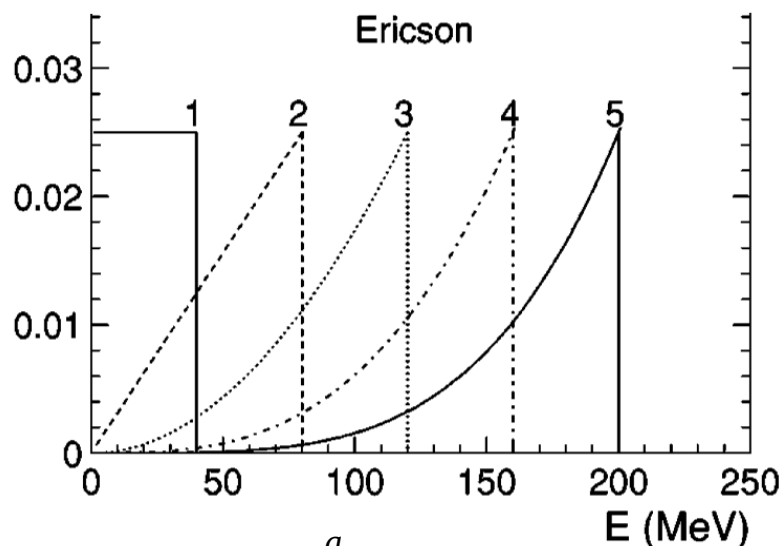
$$P(Z_{\text{wound}}=z, N_{\text{wound}}=n | A_{\text{wound}}=a) = \frac{C_z^Z C_n^N}{C_a^A} \longrightarrow \sigma_{abr}(n, z) = \frac{C_z^Z C_n^N}{C_a^A} \sigma_{abr}(a)$$



[3] Charge-changing interactions of ultrarelativistic Pb nuclei // C. Scheidenberger, I. A. Pshenichnov et al. // PRC 2004

Описание моделей: вычисление энергии возбуждения

Формула Эриксона



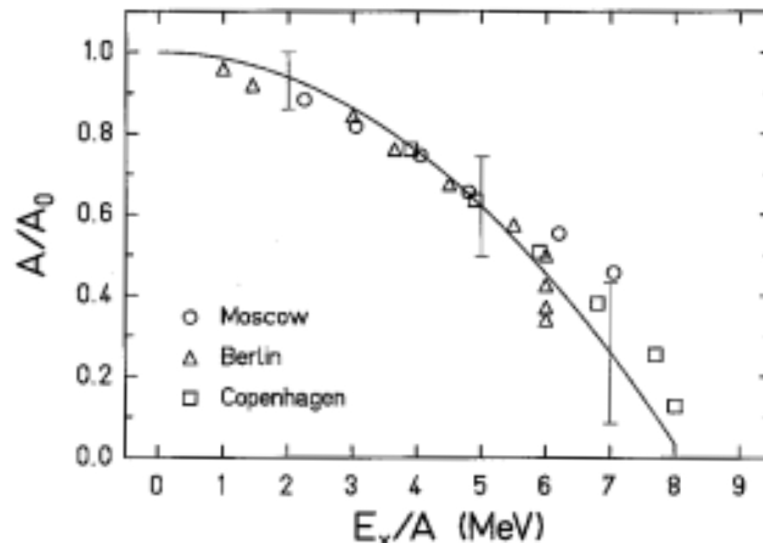
$$\rho_a(E) \propto \frac{g_0^a}{a!(a-1)!} E^{a-1}$$

a - количество удаленных нуклонов

g_0 - плотность уровней для удаленного нуклона

[3] Charge-changing interactions of ultrarelativistic Pb nuclei // C. Scheidenberger, I. A. Pshenichnov et al. // PRC 2004

Параметризация ALADIN



$$\frac{E_x}{A} = E_{bind} \left(1 - \frac{A}{A_0} \right)^{\frac{1}{2}} \quad E_{bind} = 8 \text{ МэВ}$$

E_x - энергия возбуждения

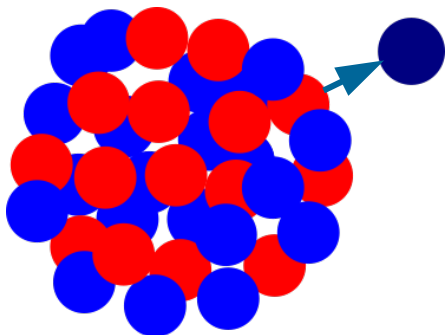
A - масса спектатора

A_0 - масса изначального ядра

[4] Multifragmentation of spectators in relativistic heavy-ion reactions // A. S. Botvina et al. // NPA 1995

Описание моделей: девозбуждени

Модель испарения нуклонов Вайскопфа - Ивинга



$$P_j(\varepsilon) = \frac{(2s_N + 1)m_N}{(\pi \hbar)^2} \sigma_{inv}(\varepsilon) \frac{\rho_d(E_{max} - \varepsilon)}{\rho_i(E_x)} \varepsilon$$

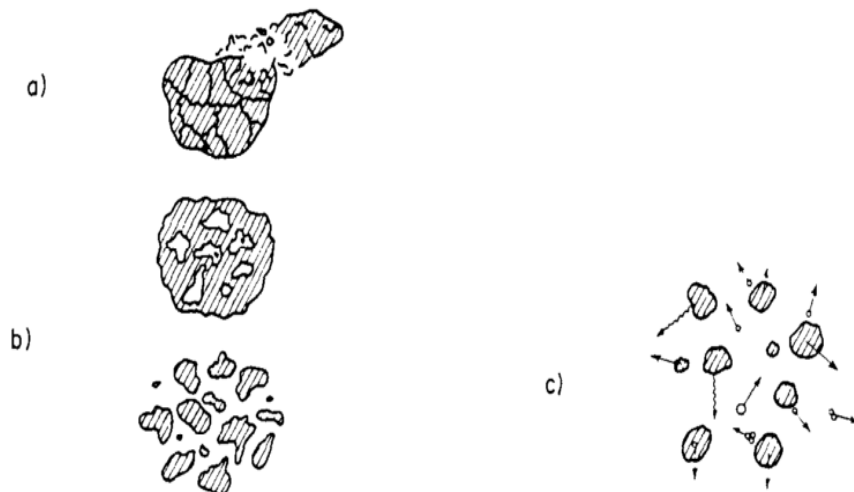
$$\Gamma = \hbar \int_{V_N}^{\varepsilon_N^{max}} P(\varepsilon) d\varepsilon$$

σ_{inv} - сечение обратной реакции.

$\rho_i(\varepsilon)$ - плотность уровней начального ядра.

$\rho_d(\varepsilon)$ - плотность уровней дочернего ядра.

Мультифрагментация



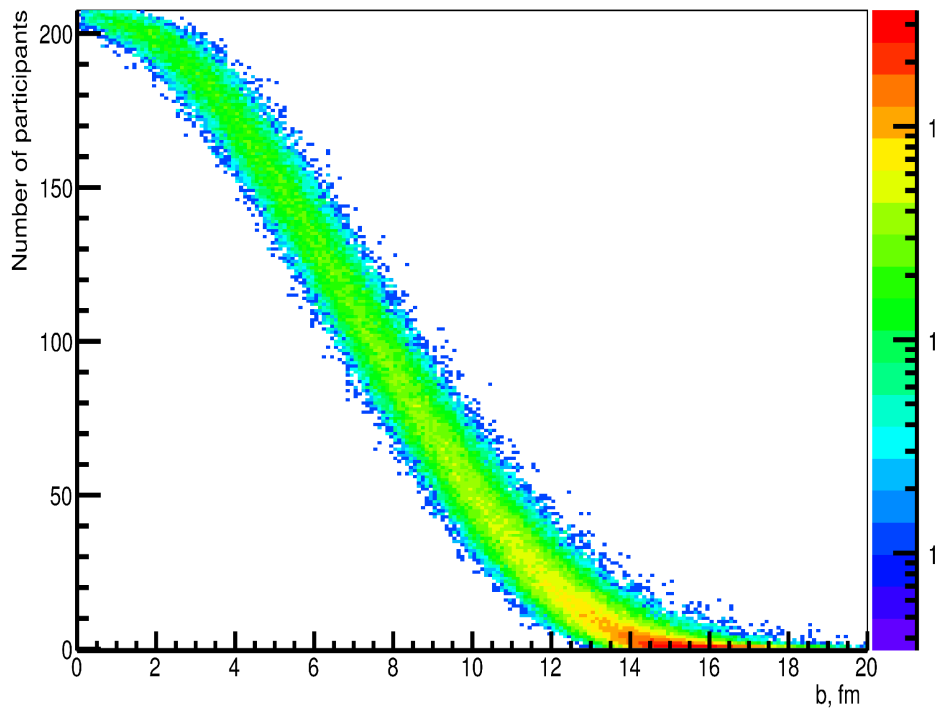
$$W_b(E_x, A, Z) \propto e^{S_b(E_x, A, Z)}$$

Энтропия канала вычисляется в модели жидкой капли (Вайцзекера) с учетом оболочечных поправок и таблиц масс ядер.

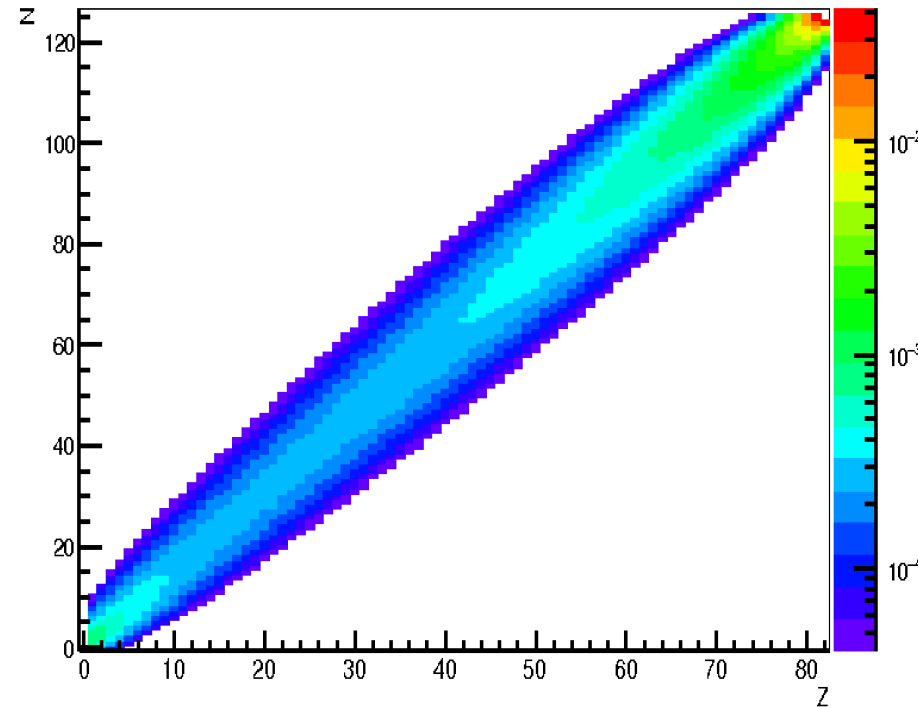
[5] Weisskopf V. Statistics and Nuclear Reactions // Phys. Rev. — 1937

[6] Statistical multifragmentation of nuclei / J P Bondorf, A S Botvina, A S Iljinov et al. // Phys. Rep.. — 1995

Результаты вычислений: Glauber Monte Carlo

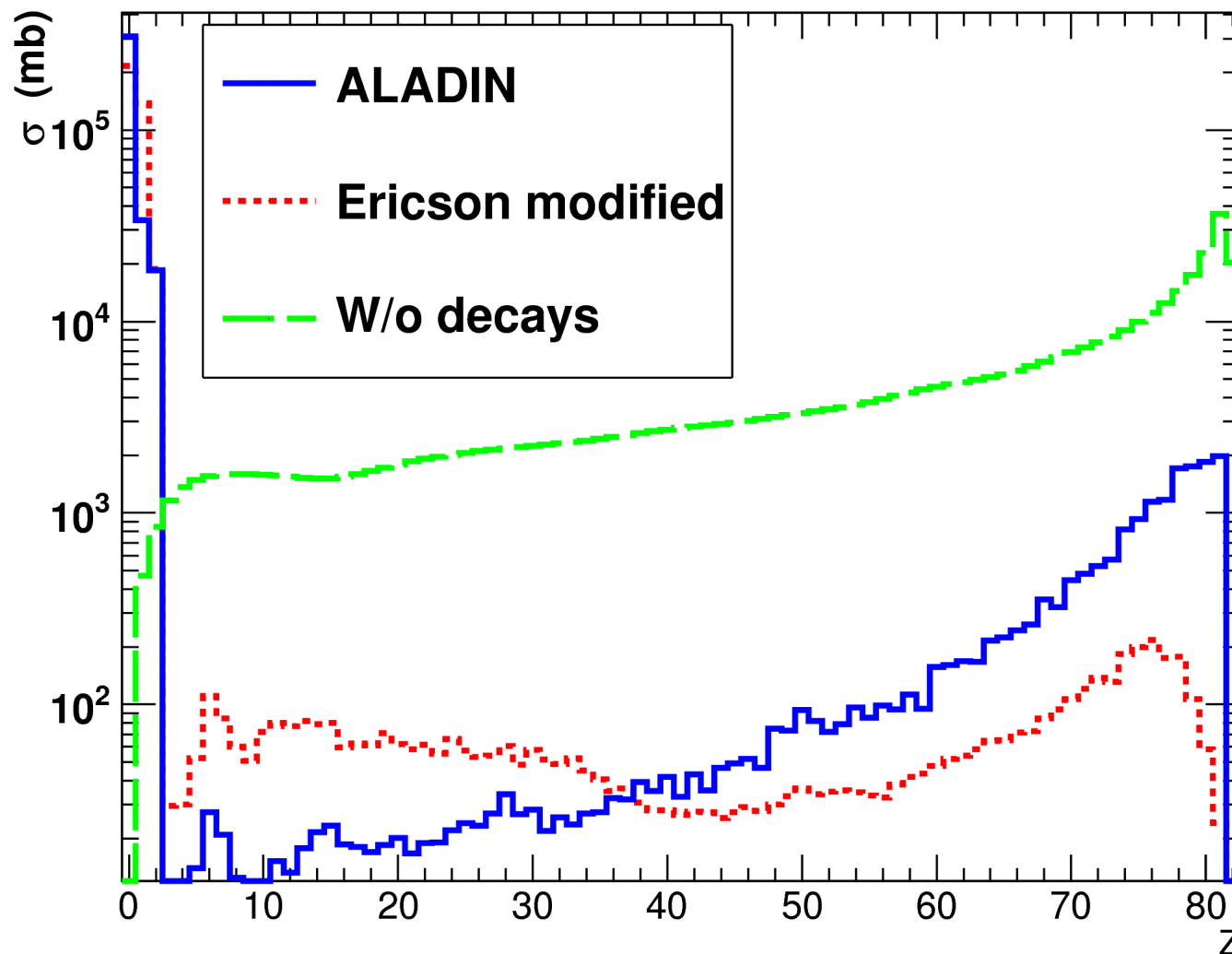


Большая часть событий происходит с прицельным параметром от 12 до 20 фм



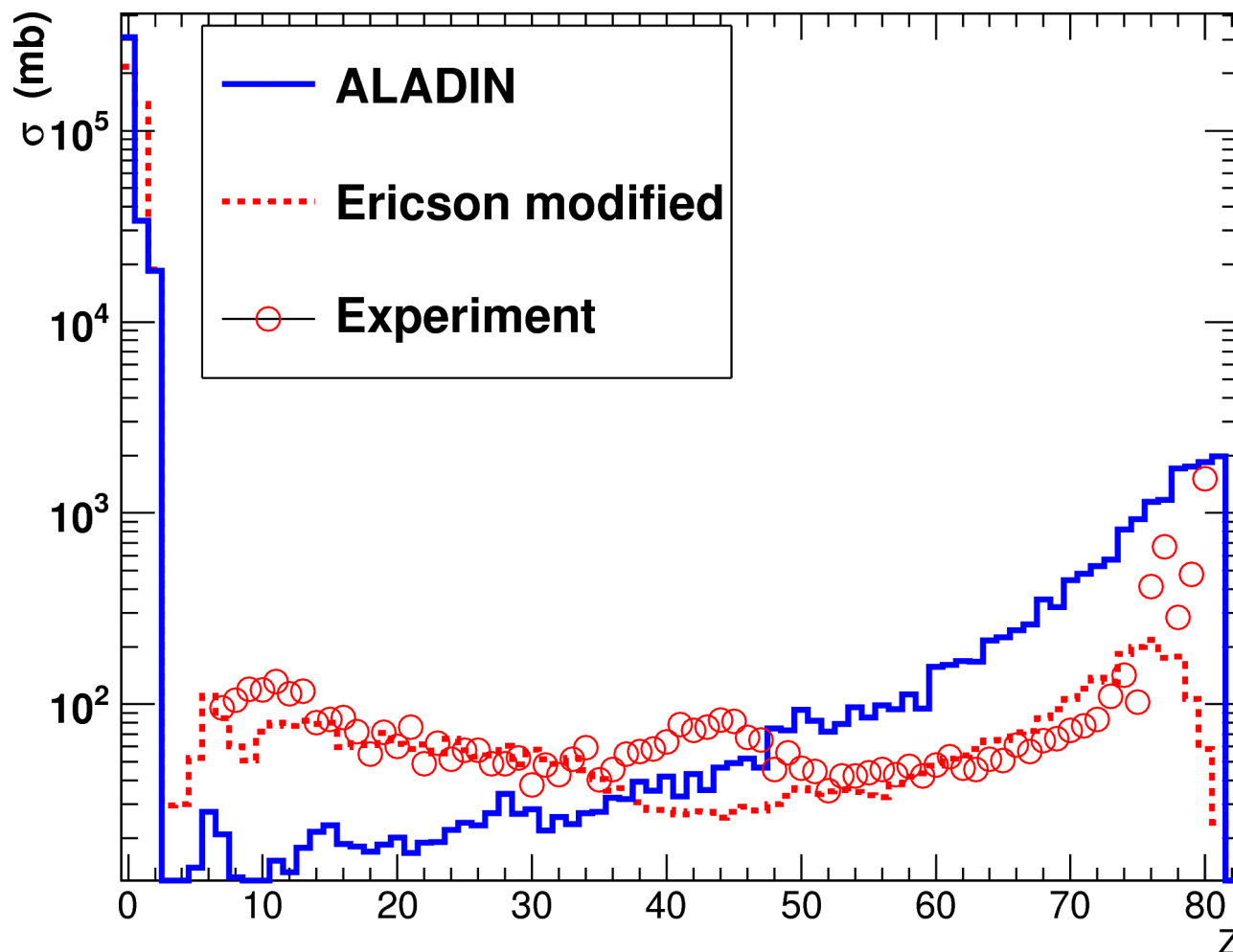
Сечения образования префрагмента с определенными Z и N

Результаты вычислений: без распадов префрагментов и с распадами



Происходит «перетекание» сечения от тяжелых фрагментов к нуклонам

Результаты вычислений: сравнение с экспериментом

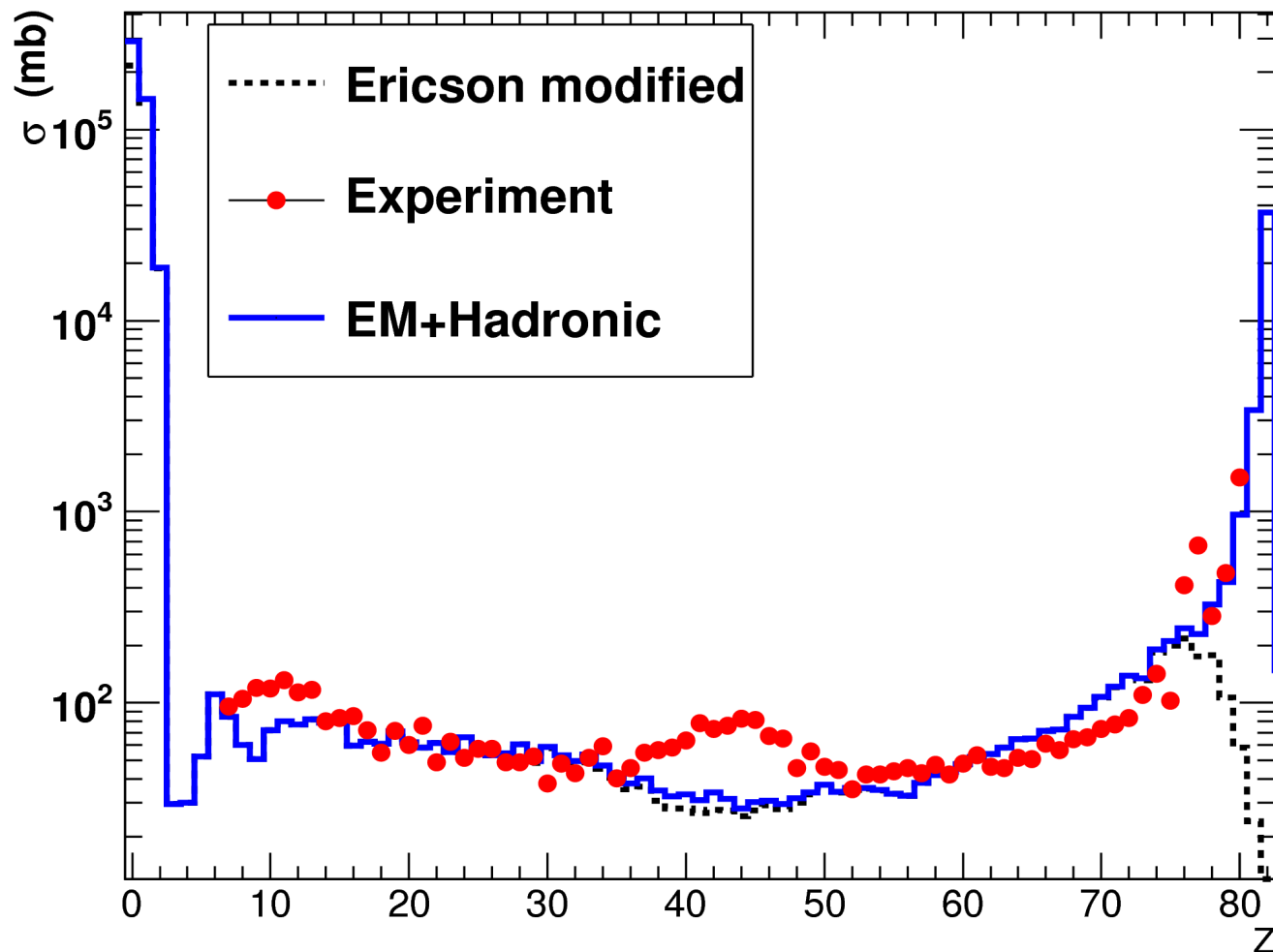


Параметризация ALADIN не согласуется с экспериментом

Данные из работы:

[7] Fragmentation studies of 158 A GeV Pb ions using CR39 nuclear track detectors / H. Dekhissi, et al. //NPA. —2000.

Результаты вычислений: сравнение с экспериментом с учетом вклада электромагнитной диссоциации



Формула Эриксона **хорошо** согласуется с экспериментом, необходим учет деления.

Выводы

- Была создана компьютерная программа, реализующая модель abrasion-ablation на основе кода Glauber Monte Carlo и библиотеки Geant4
- Были вычислены сечения рождения спектаторов с данным зарядом
- Было проведено сравнение двух способов вычисления энергии возбуждения
- Было проведено сравнение с экспериментом и найдено что:
 - Параметризация ALADIN **плохо** описывает экспериментальные данные
 - Формула Эриксона **хорошо** описывает экспериментальные данные

Личный вклад и полученные навыки

- Код Glauber Monte Carlo был использован для генерации ансамбля префрагментов
- Создано приложение на основе библиотеки Geant4, которое моделирует распады префрагментов на основе различных предположений об их энергии возбуждения
- Были освоены программные пакеты ROOT и Geant4.