



Усреднение КОМПТОНОВСКИХ измерений энергии

Никита Петров

`cmd.inp.nsk.su/~compton`

План

- Введение
- Алгоритм усреднения
- Реализация

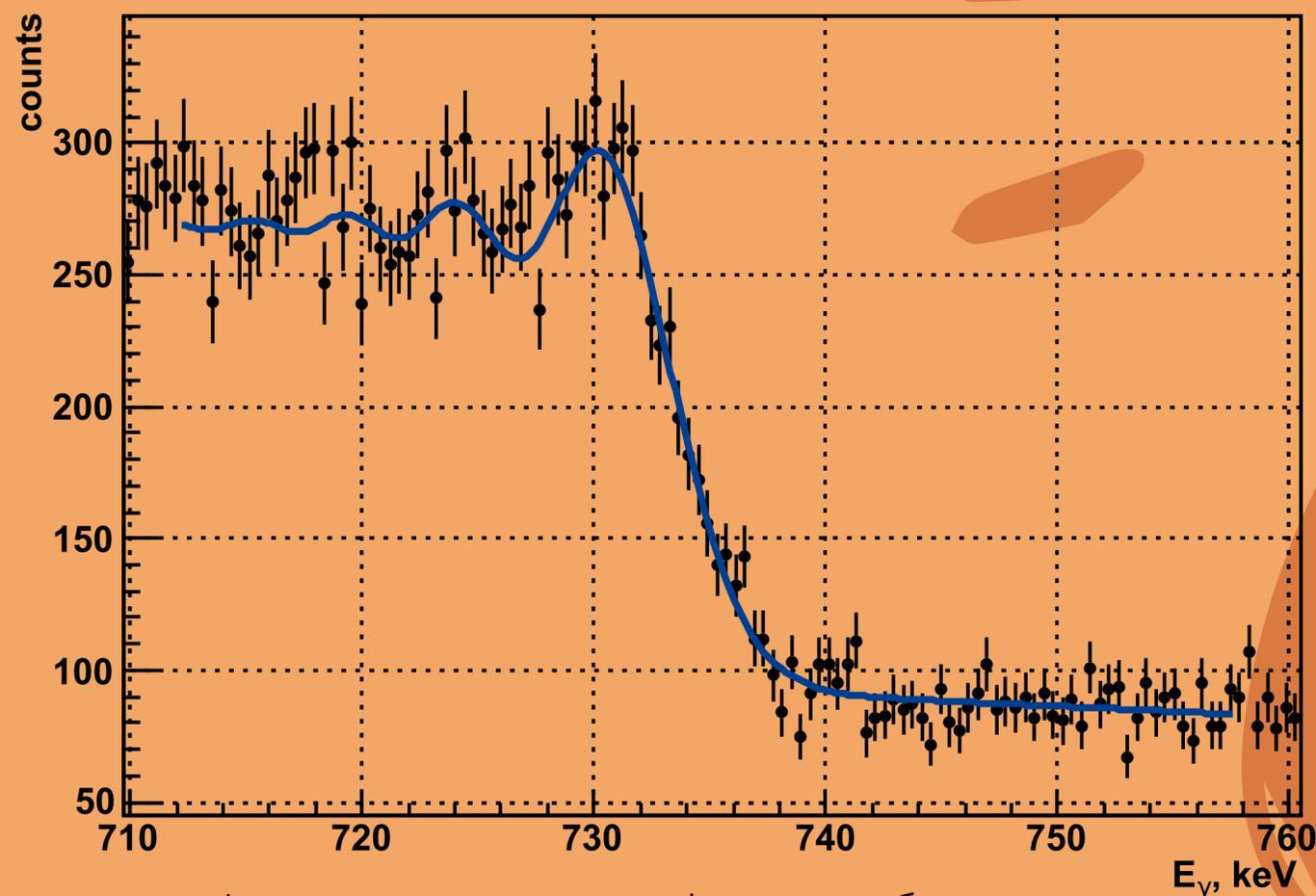
Введение

Энергия пучка ВЭПП-2000
измеряется методом
обратного комптоновского
рассеяния:

$$\frac{\delta E}{E} = 6 \cdot 10^{-5}$$

[1]: A system of beam energy measurement based on the Compton backscattered laser photons for the VEPP-2000 electron-positron collider: 10.1016/j.nima.2014.01.020

2013.02.02 (22:23:51 - 22:35:29) 2013.02.02



Фит границы спектра фотонов обратного
комптоновского рассеяния, энергия пучка
 $E = 458.508 \pm 0.077$ MeV, $P(\chi^2) = 0.45$.



Усреднение измерений

Задачи:

1. Отфильтровать измерения из slowdb
2. Сопоставить заходы с компт. измерениями
3. Усреднить измерения с весами (светимостями)

1. Работа со slowdb

Фильтрация slowdb:

- удалить значения $dt=0$
- удалить дубликаты
- определить интервал времени

КОМПТОНОВСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ

В slowdb (g_id=43)
хранятся данные о
КОМПТОНОВСКИХ
измерениях энергии

Перенос в БД калибровок: Misc/RunHeader/Compton_run

time	dt	vals_arr[1]	vals_arr[2]	vals_arr[5]	vals_arr[6]	vals_arr[7]	vals_arr[8]
2021-11-30 16:34:22	0	1003.41	0.191333	1266.39	179.092	1202	-1.31656e+07
			...				
2021-12-02 17:52:14	1782	934.032	0.058354	835.284	79.6661	1802	-1841.46
2021-12-02 18:22:22	1808	934.114	0.059949	908.46	80.0137	1802	-1847.32

Фрагмент slowdb

1. Работа со slowdb

time	dt	vals_arr[1]	vals_arr[2]	vals_arr[5]	vals_arr[6]	vals_arr[7]	vals_arr[8]
2021-11-30 16:34:22	0	1003.41	0.191333	1266.39	179.092	1202	-1.31656e+07
...							
2021-12-02 17:52:14	1782	934.032	0.058354	835.284	79.6661	1802	-1841.46
2021-12-02 18:22:22	1808	934.114	0.059949	908.46	80.0137	1802	-1847.32

Фрагмент slowdb

[1], [2]: средняя энергия и ошибка (МэВ);

[5], [6]: средний разброс и ошибка (КэВ);

[7], [8]: времена, через которые вычисляется начало и конец комптоновского измерения (с)

begintime	endtime	0	1	2	3
02.12.21 17:21:32	02.12.21 17:51:34	934.032	0.058354	0.835284	0.079666
02.12.21 17:51:34	02.12.21 18:21:36	934.114	0.059949	0.908460	0.080014

Фрагмент БД калибровок: Misc/RunHeader/Compton_run

begintime, endtime: начало и конец компт.измерения

0, 1: средняя энергия и ошибка (МэВ);

2, 3: средний разброс и ошибка (МэВ);

→ tr_ph/emeas1

2. Сопоставление КОМПТОНА и ЗАХОДОВ

- Для усреднения энергии в каждой энергетической точке нужно кроме данных об измерениях получить их веса:

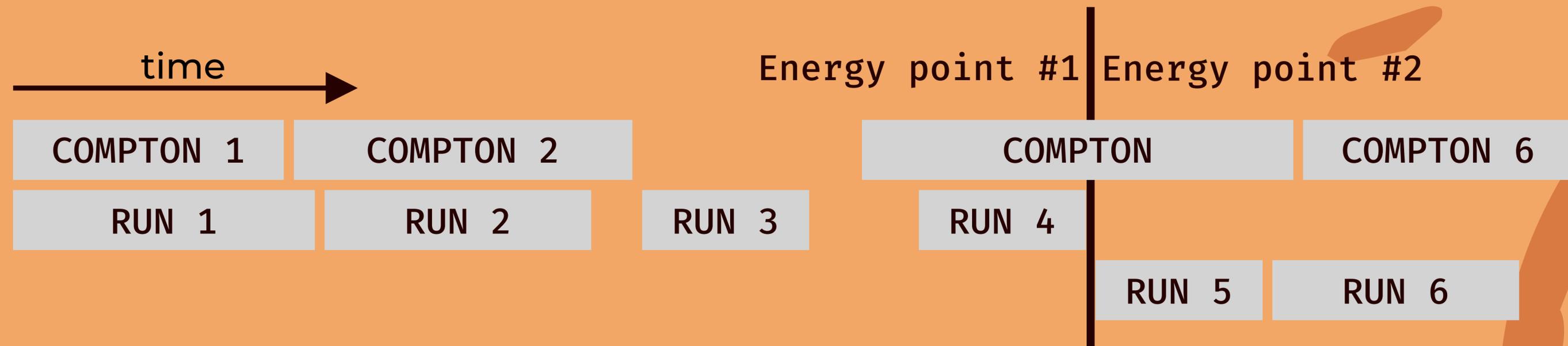
- вес комптоновского измерения - это полная светимость, набранная во время этого измерения
- необходимо сопоставить комптоновские измерения и заходы КМД-3

$$\bar{E} = \frac{\sum w_i E_i}{\sum w_i}$$

только пример формулы
для усреднения энергии
(эта формула не
используется в этой работе)

2. Сопоставление КОМПТОНА И ЗАХОДОВ

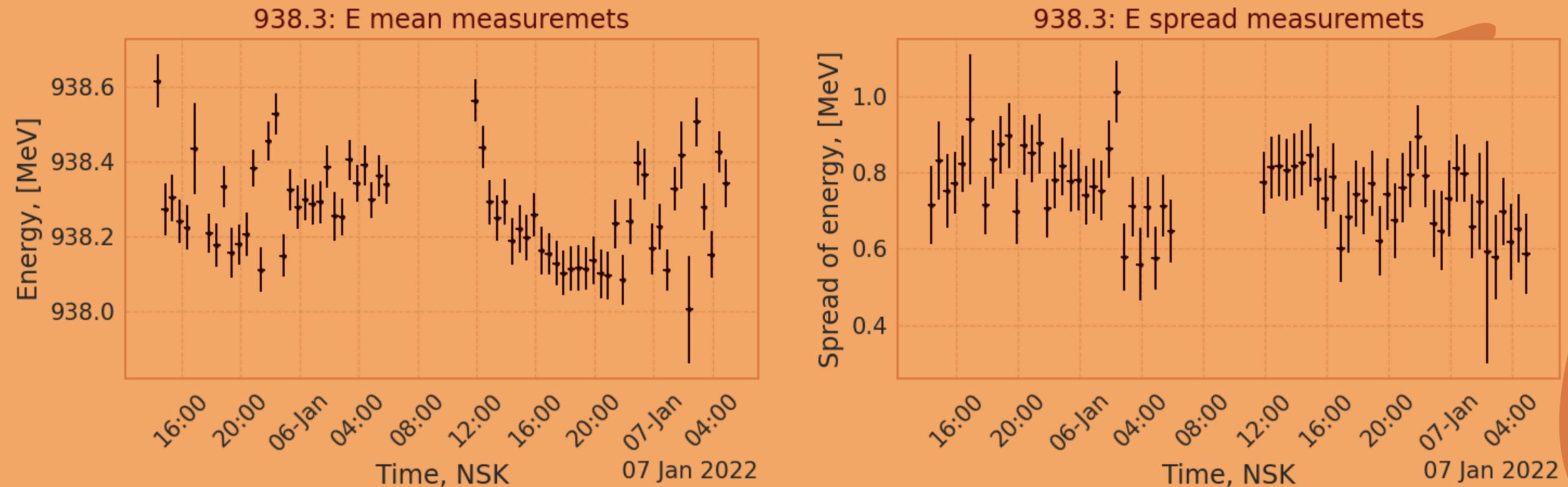
Сопоставленные друг другу заходы и измерения энергии показаны цифрами



- 1, 6. Большая часть захода попала в комптоновское измерение
2. Заход целиком попал в комптоновское измерение
3. Заход не попал ни в одно комптоновское измерение (не будет использован)
- 4, 5. Заходы попали на комптоновское измерение во время смены точки по энергии (это измерение комптона не будет использовано)

3. Усреднение измерений

Теперь у нас есть данные о комптоновских измерениях и их веса, можно приступать к усреднению энергий:



Пример комптоновских измерений энергии.
Средние значения (слева) и размазка (справа).

Каждому измерению приписан вес (светимость), на рис. не показан

3. Усреднение измерений

Усреднение производится через максимизацию функции правдоподобия:

$$L = \prod_n [G(\mu, \sigma, E_i, \delta E_i)]^{w_i}$$

$$G(\mu, \sigma, E_i, \delta E_i) = |s_i \equiv \sqrt{\sigma^2 + \delta E_i^2}| = \frac{1}{\sqrt{2\pi s_i^2}} \exp\left(-\frac{(\mu - E_i)^2}{2s_i^2}\right)$$

μ - усреднённое значение энергии

σ - стандартное отклонение для усреднённой энергии

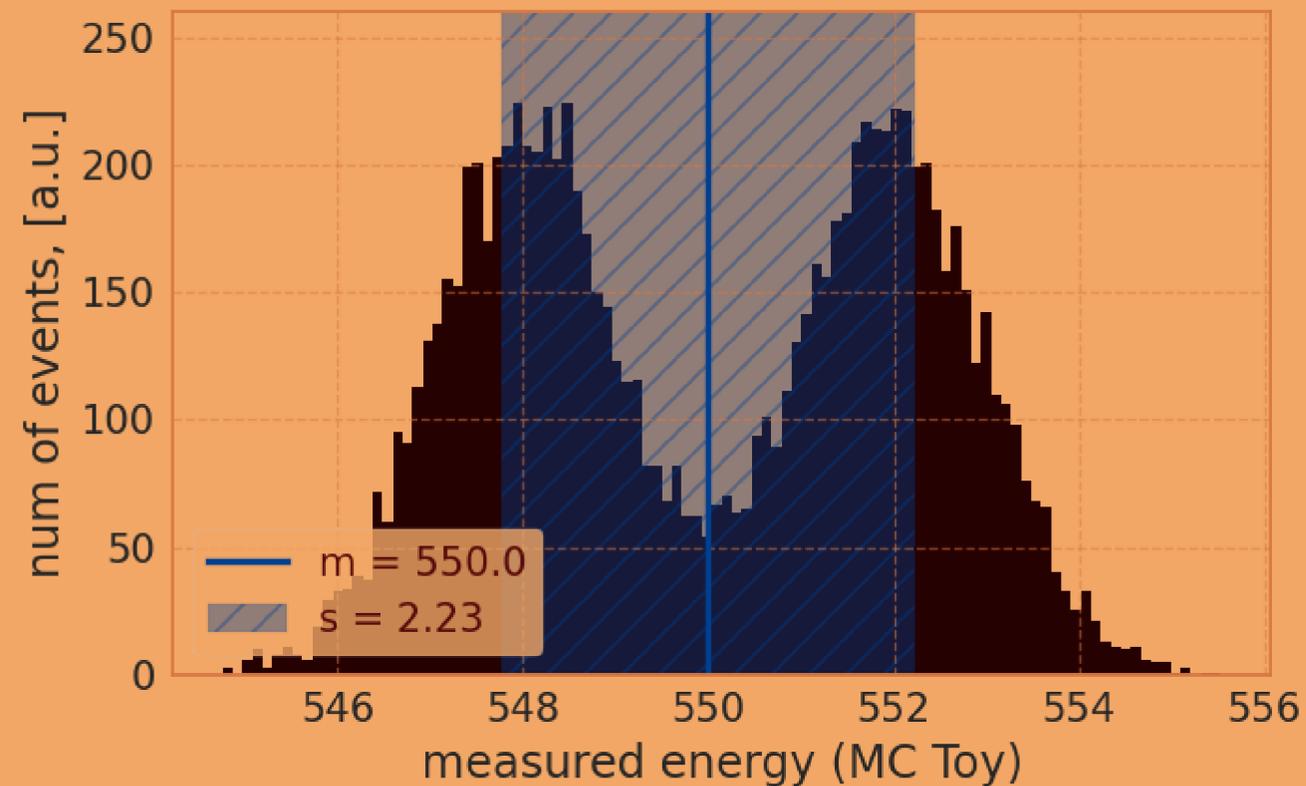
E_i - средние значения измерений энергии

δE_i - ошибка средних измерений энергии

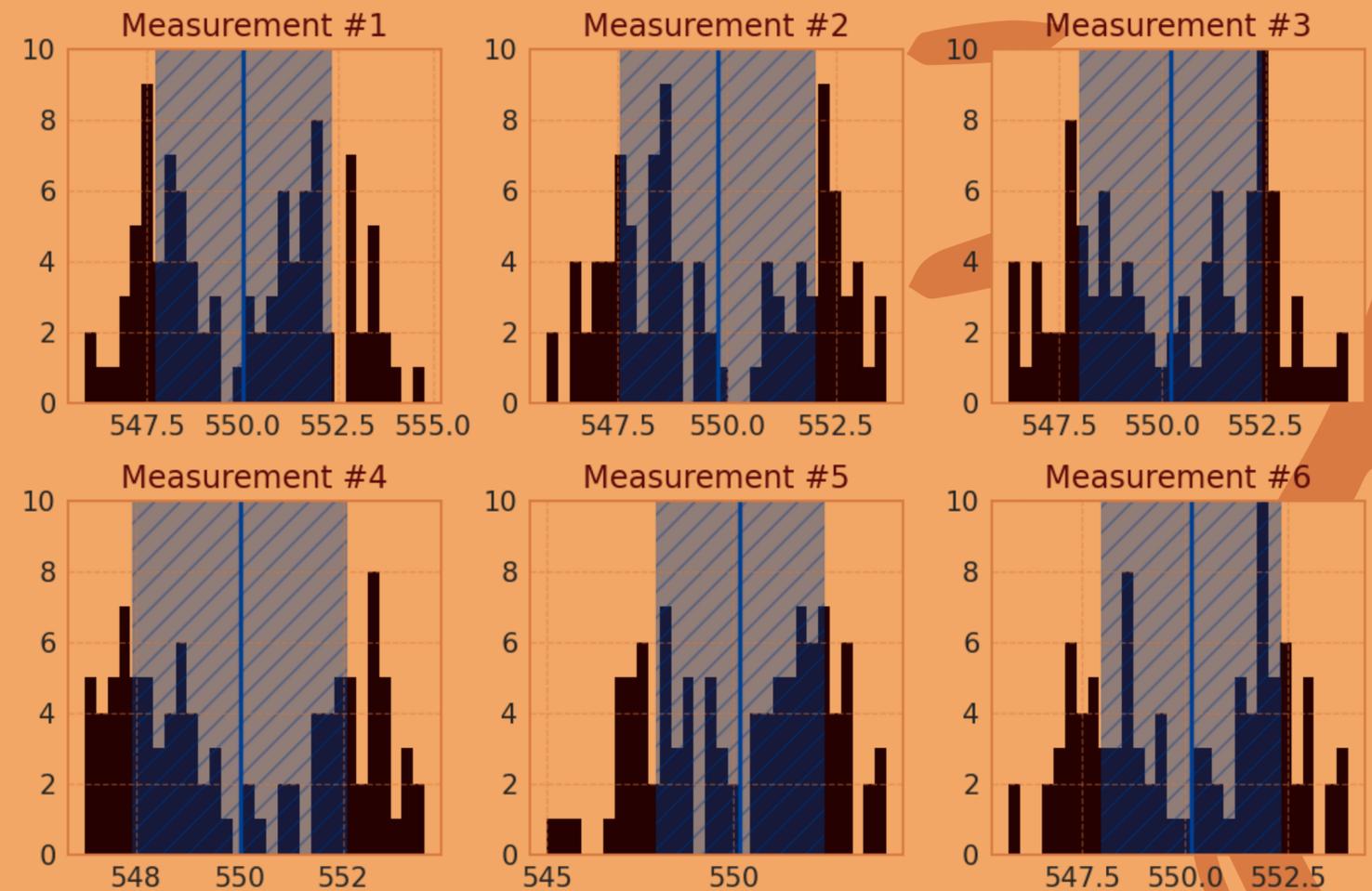
w_i - вес i -го комптоновского измерения (светимость)

3. Усреднение измерений

Использую MC toy, чтоб продемонстрировать работу формул (с одинаковыми весами):



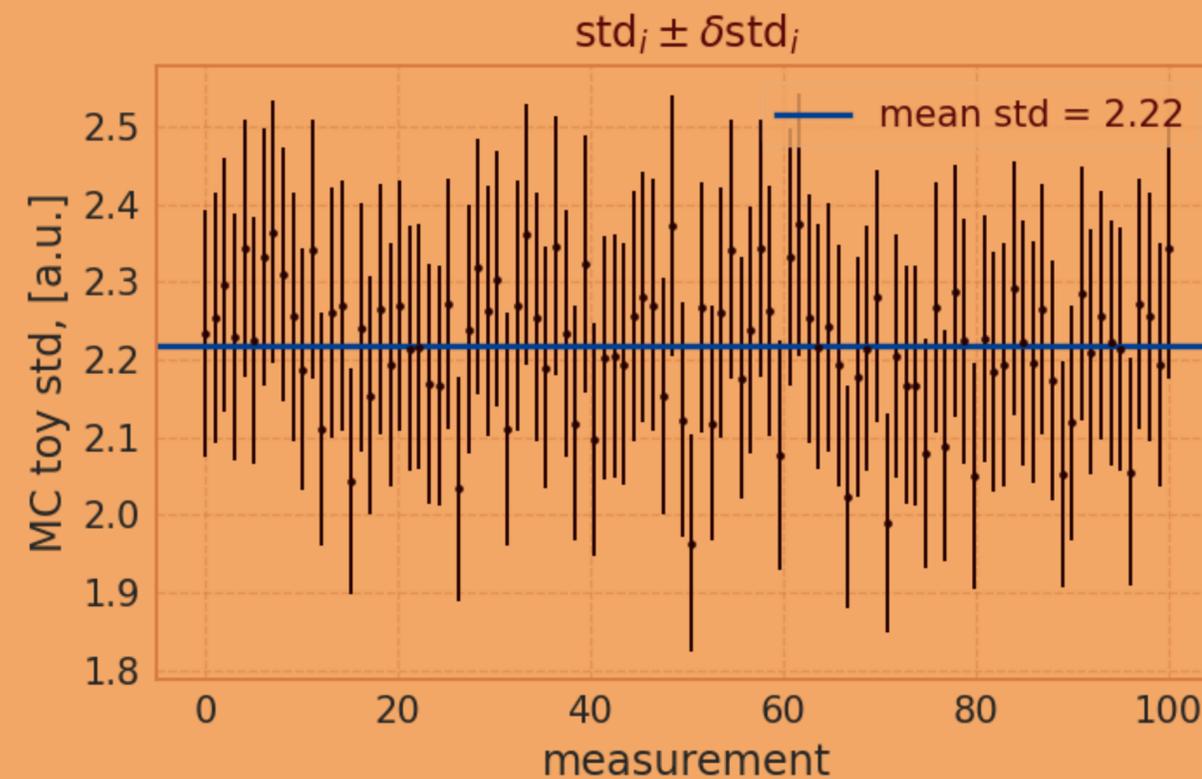
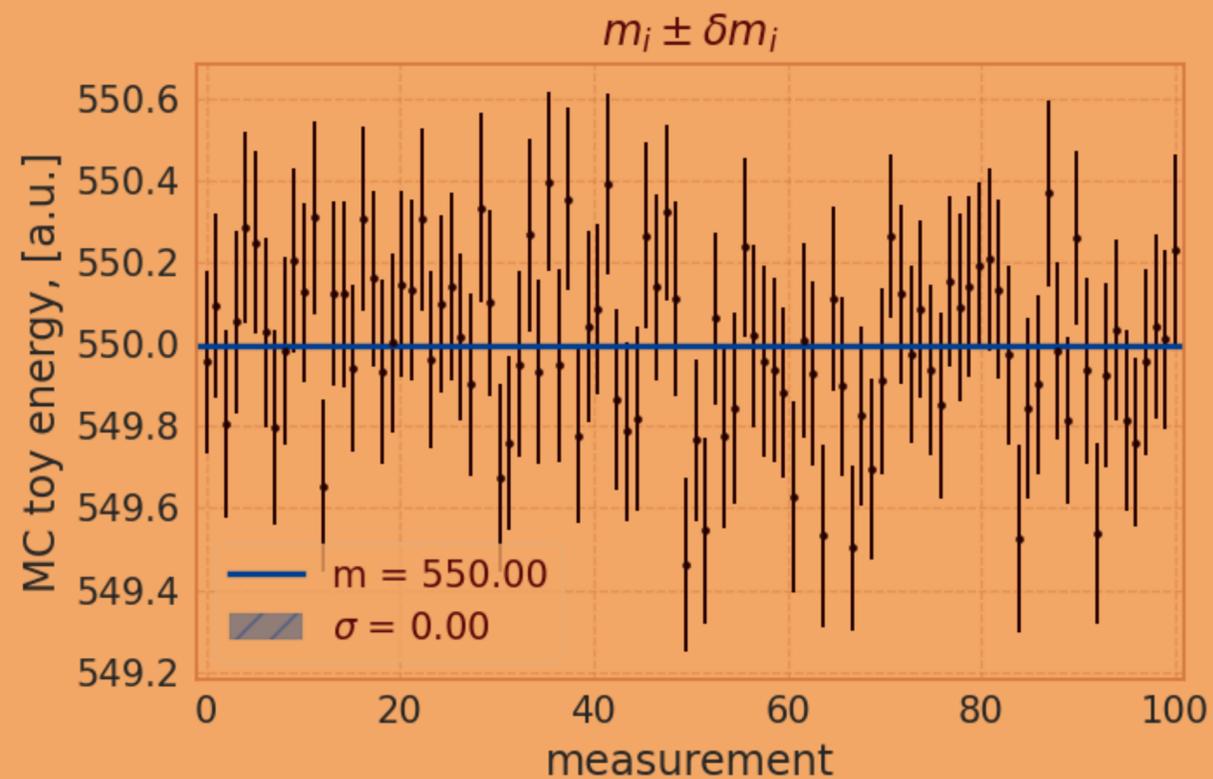
MC Toy эксперимент: представим себе, что мы измерили энергию 10 000 раз в одной точке. Получаем: 550 ± 2.23 МэВ (в этом диапазоне лежит 68% значений)



Разбиваем наши данные на 100 измерений по 100 сэмплов в каждом. Находим для каждого среднее и сигму.

3. Усреднение измерений

Строю средние значения (слева) и стандартные отклонения (справа) измерений и определяю параметры через функцию правдоподобия:



	Name	Value	Hesse Err		mean	sigma
0	mean	549.996	0.022	mean	0.00049	5.09e-07
1	sigma	0.0	0.12	sigma	5.09e-07	0.0148

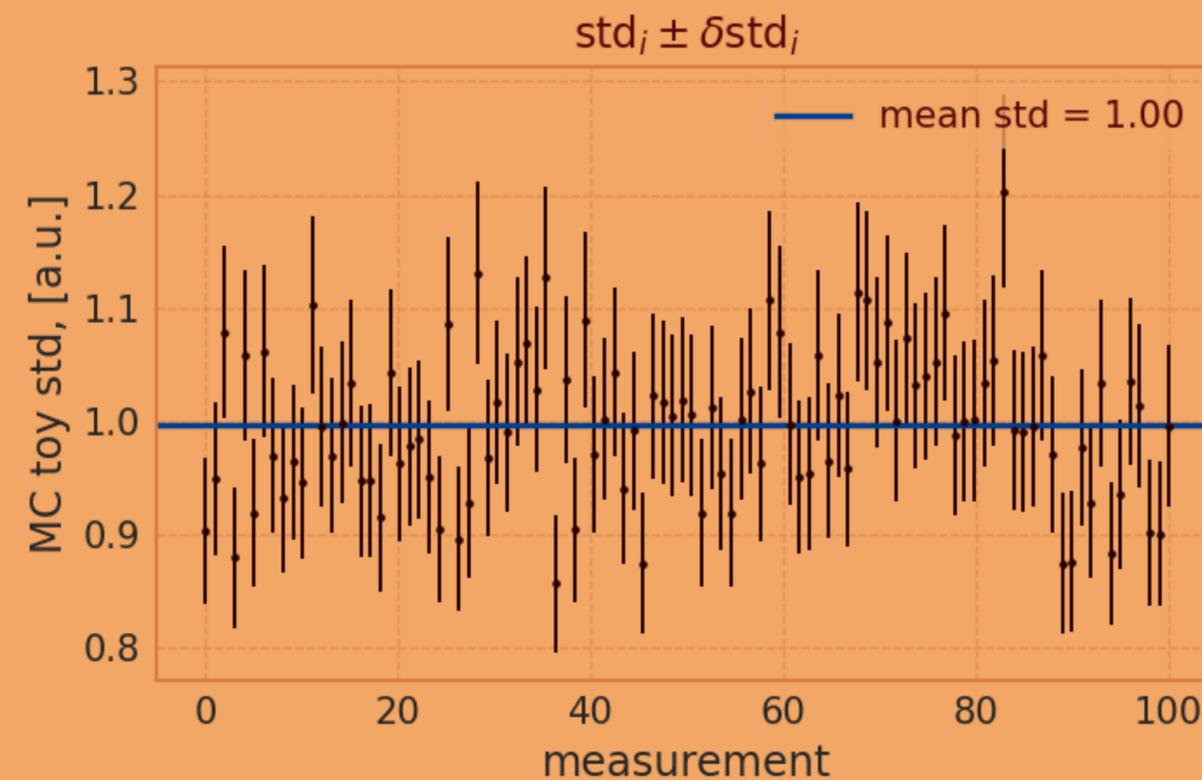
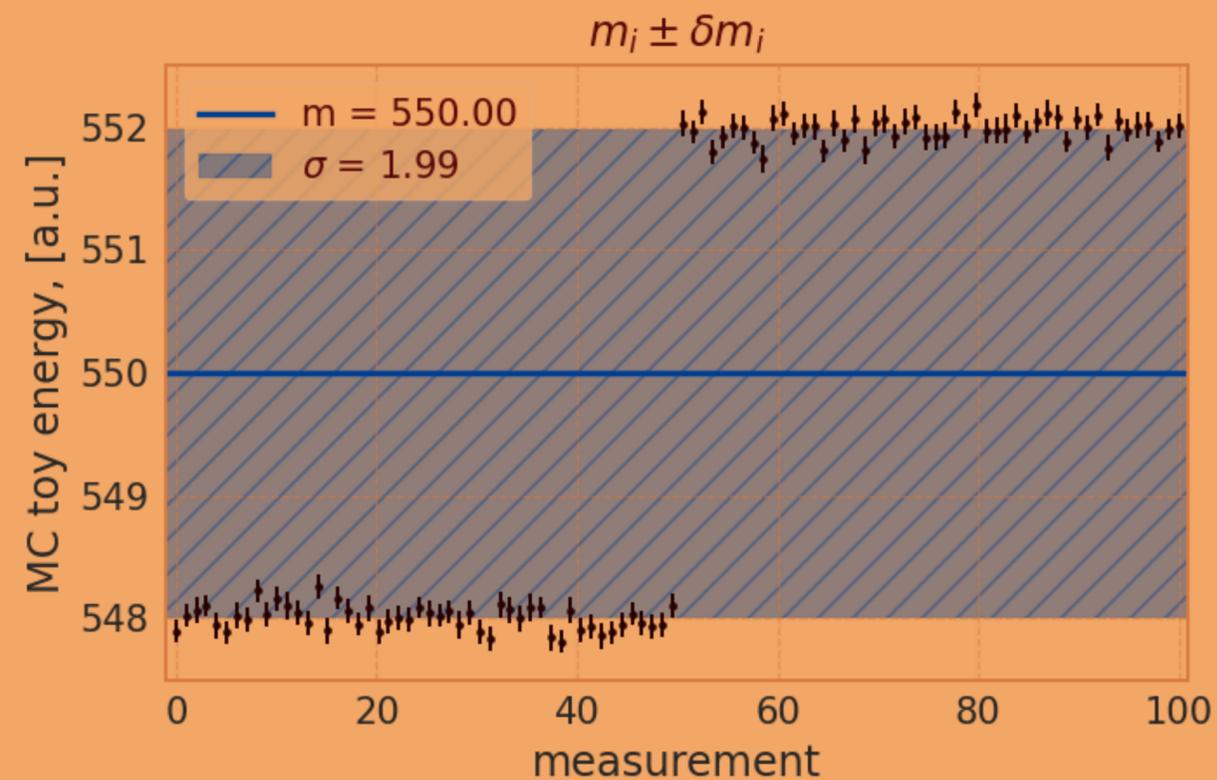
Получаем:

$$\mu + \delta\mu = 549.996 \pm 0.022$$

$$\sqrt{\sigma^2 + std^2} = 2.22$$

3. Усреднение измерений

Теперь делаю то же самое, но в при условии, что сначала энергия была 548, а потом повысилась до 552:



	Name	Value	Hesse Err		mean	sigma
0	mean	550.0	0.2	mean	0.0398	-4.01e-06
1	sigma	1.99	0.14	sigma	-4.01e-06	0.0199

Получаем:

$$\mu \pm \delta\mu = 550.0 \pm 0.2$$

$$\sqrt{\sigma^2 + \text{std}^2} = 2.23$$

3. Усреднение измерений

Что было раньше?

$$\bar{E} = \frac{\sum L_i E_i}{\sum L_i}$$

$$\delta E^2 = \frac{1}{(\sum L_i)^2} \sum L_i^2 \delta E_i^2$$

Комментарии:

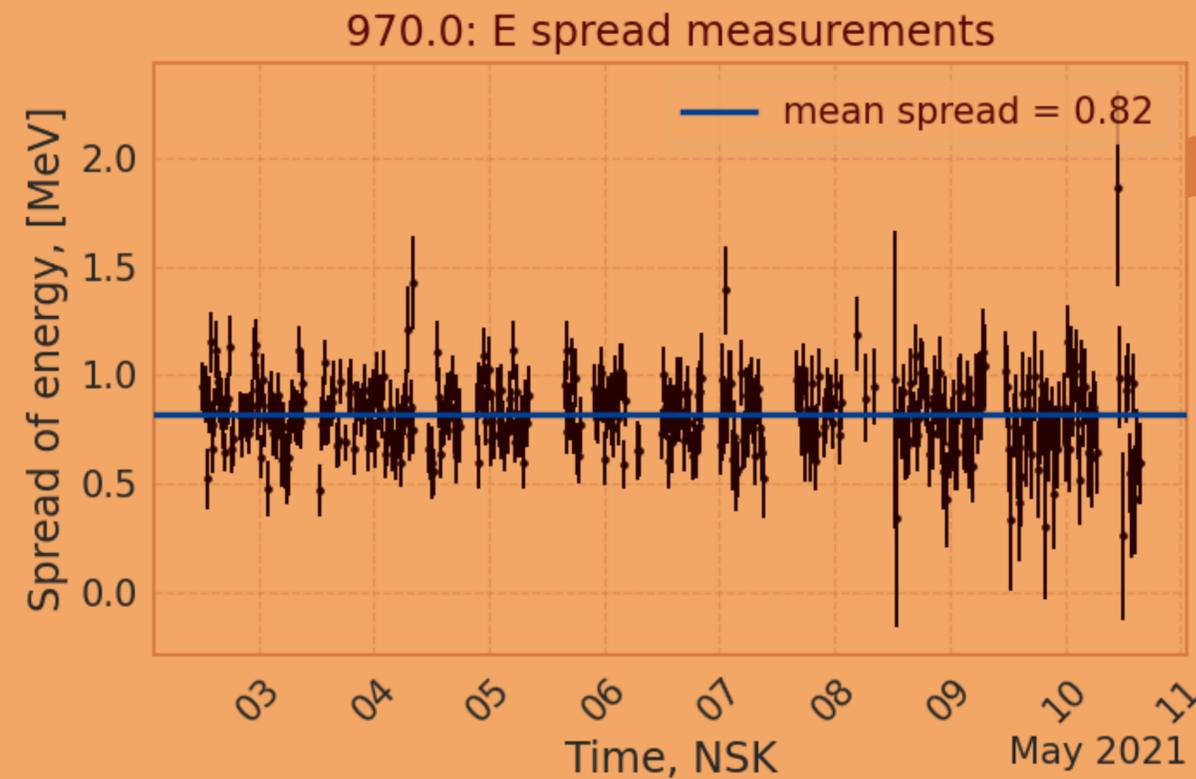
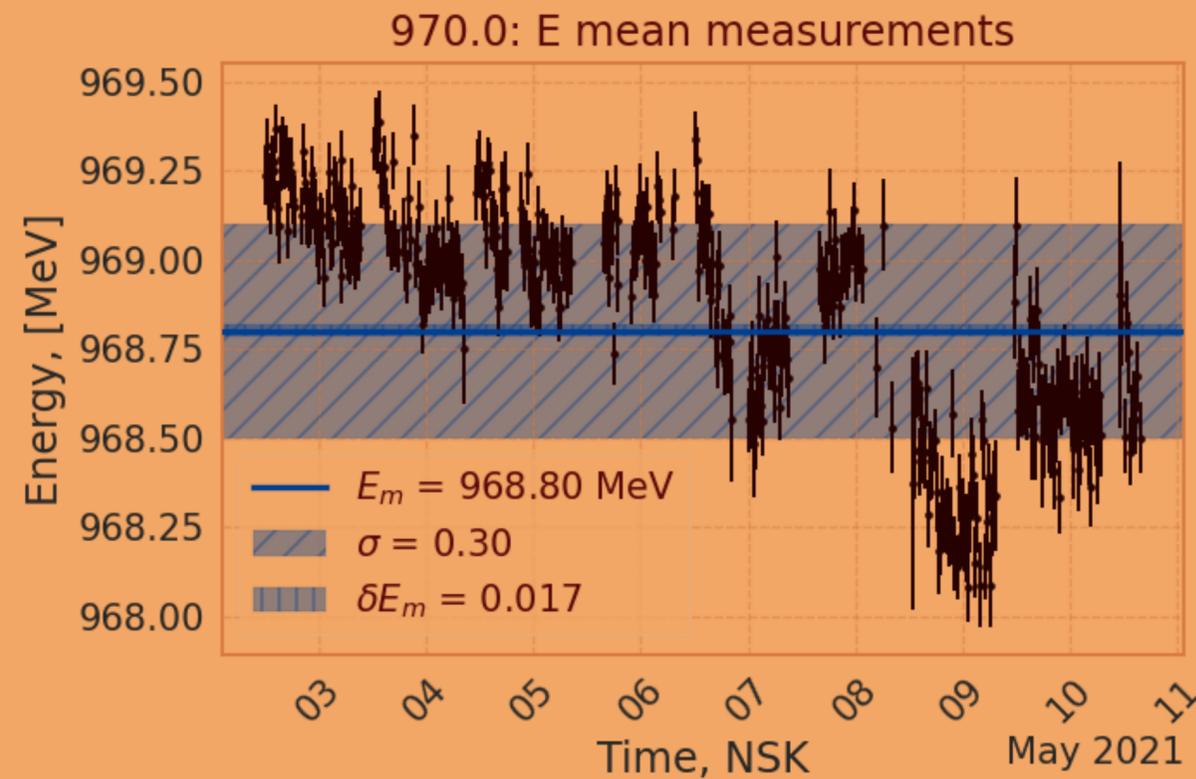
Легко вычислять

В среднем не учитывается δE_i

δE - ошибка определения
среднего значения энергии

3. Усреднение измерений

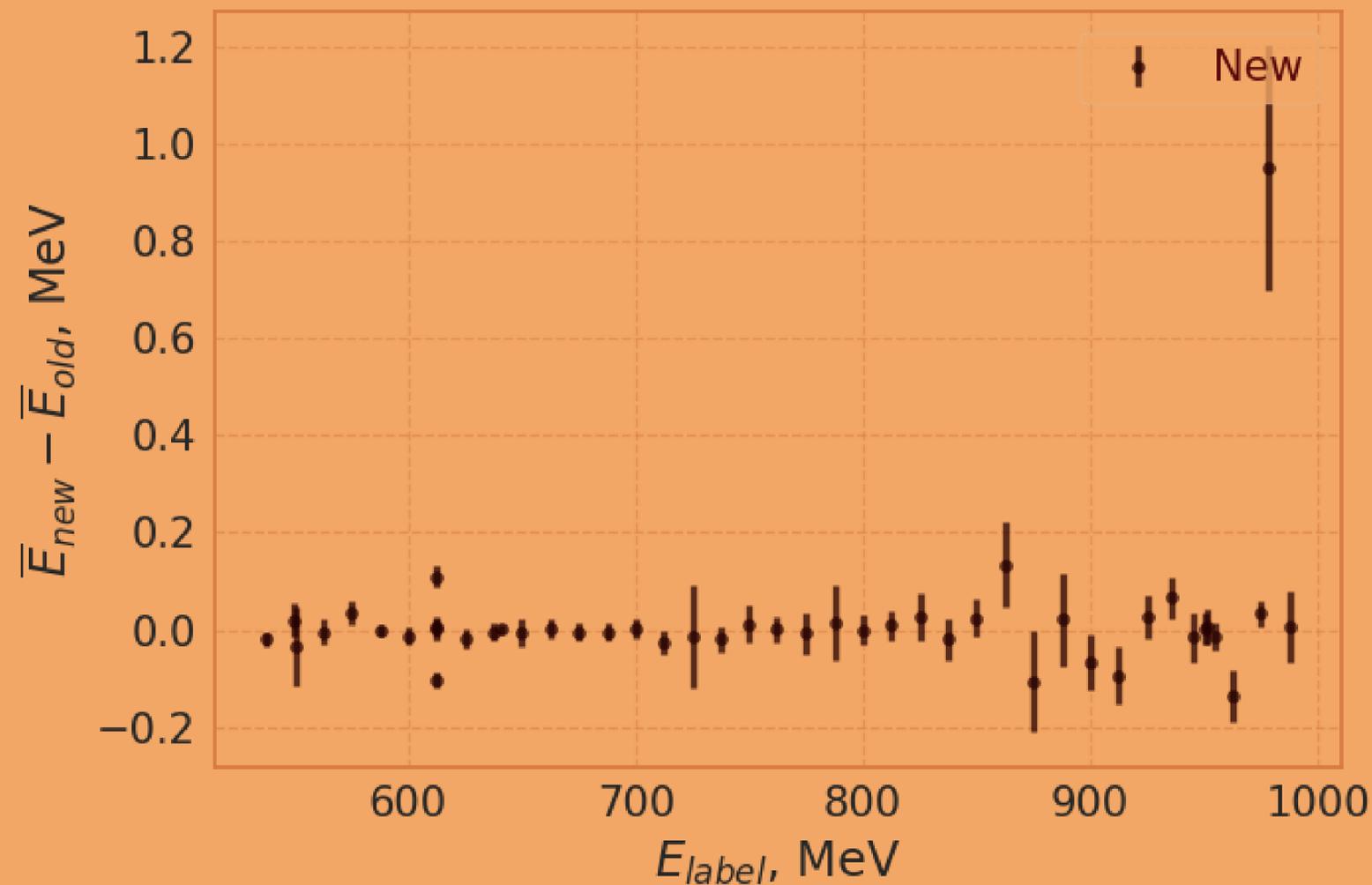
Пример усреднения с функцией правдоподобия:



Усреднение энергии для точки HIGH2021/970

Сравнение с предыдущим результатом

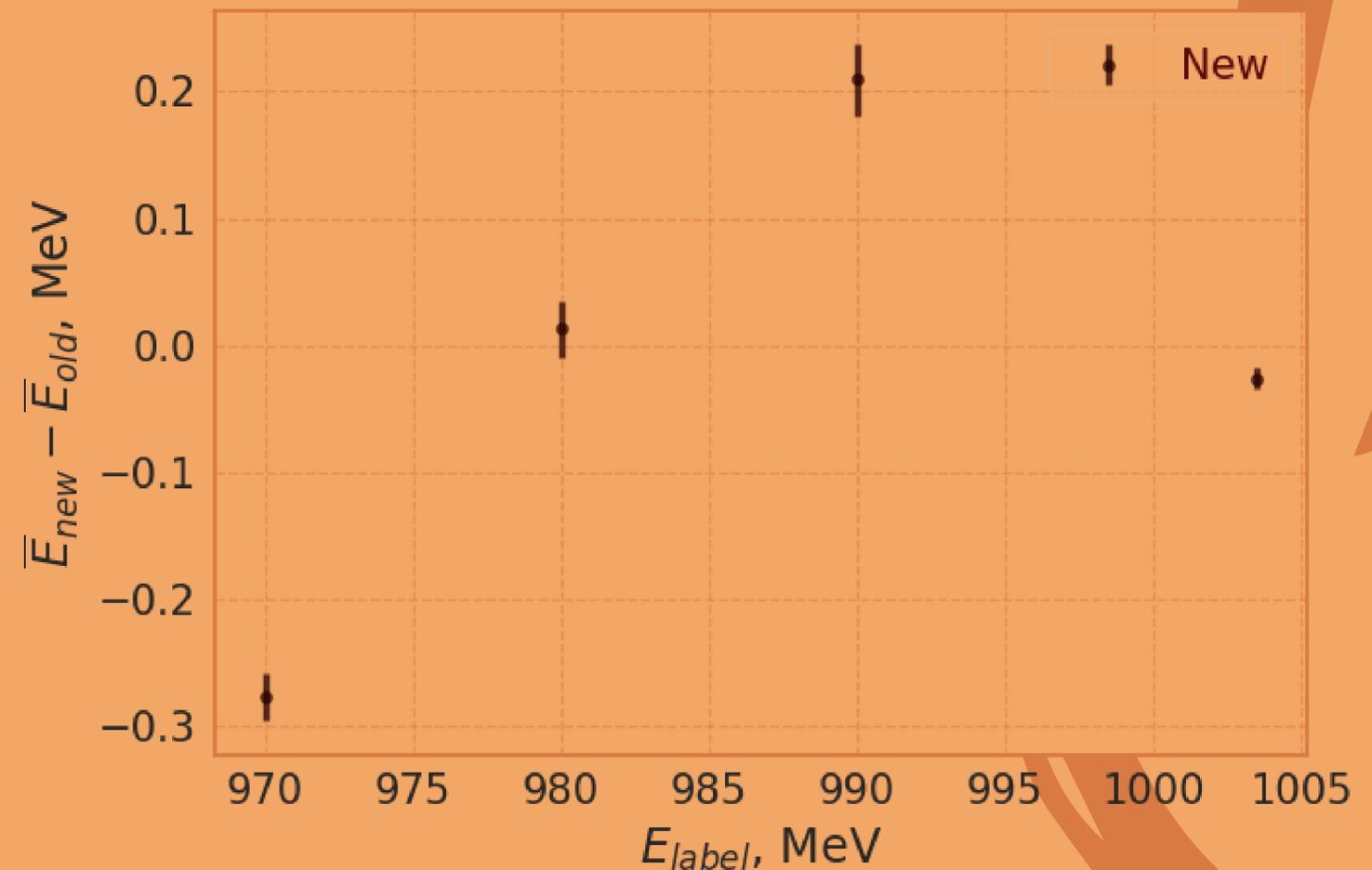
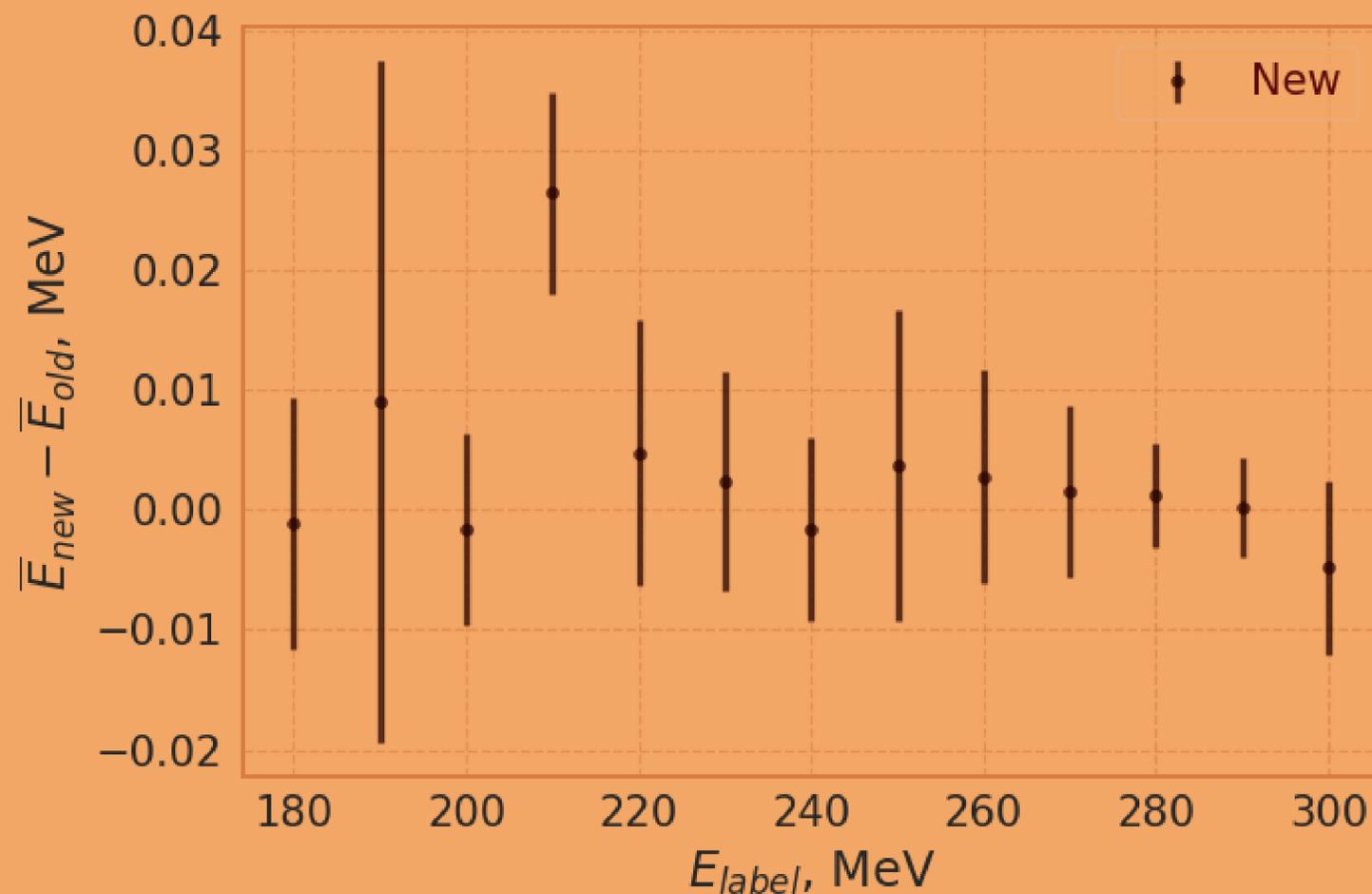
Разница средних значений энергии (учтены только стат. ошибки средних) между двумя методами для NIGH2019:



Отличие обусловлено
различиями в методах
усреднения

Сравнение с предыдущим результатом

То же для LOW2020 (слева) и HIGH2021 (справа):



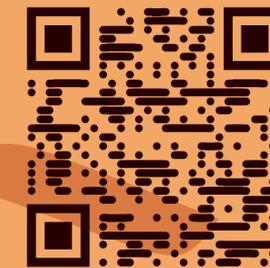


Реализация



Git-репозиторий

cmd.inp.nsk.su/~compton



- видна история изменений
- обновляется каждые 6 часов

Compton tables

browsing: **dev** ▾ Files Commits Stats Network Graph Search tree...

compton_tables ZIP TAR RSS

Name	Mode	Size
docs	040000	
src	040000	
tables	040000	
.gitignore	100644	0 kb
README.md	100644	1 kb

README.md

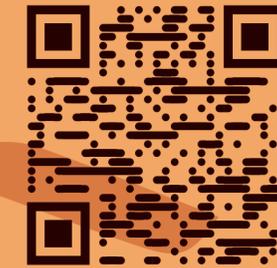
Репозиторий с данными усреднений комптоновских энергий

Структура

- **./tables** - содержит таблицы с усреднёнными энергиями для энергетических точек по сезонам
- **./src** - содержит исходный код
- cmd.inp.nsk.su/~compton/pictures - картинки с усреднениями
- **./docs** - разъяснения метода усреднения

Картинки

cmd.inp.nsk.su/~compton/pictures



Compton avg by seasons

HIGH2017

HIGH2019

HIGH2020

HIGH2021

LOW2020

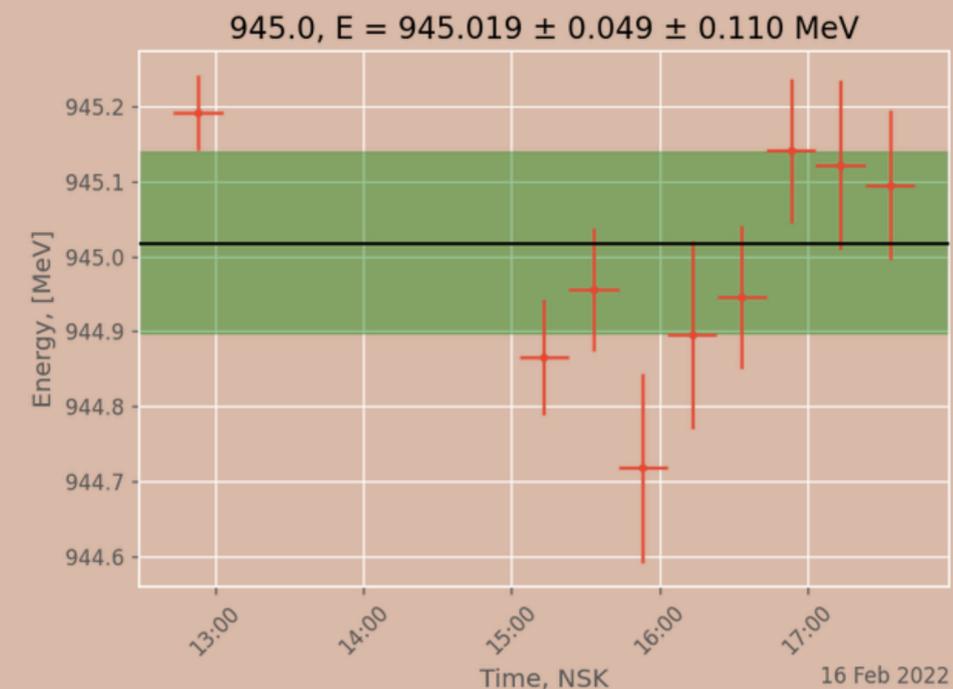
NNBAR2021

RHO2013

RHO2018

Seasons / NNBAR2021

945.0 MeV



База данных калибровок

Заполняю базу данных калибровок:

`Misc/RunHeader/Compton_run`

таблица с данными о комптоновских измерениях
заполнение `tr_ph/emeas1`

`Misc/RunHeader/Compton_run_avg`

таблица с данными об усреднениях
заполнение `tr_ph/emeas`

Заключение

1. Обновлён алгоритм усреднения комптоновских энергий
2. Автоматизирован процесс усреднения
3. Обновлён визуальный интерфейс

Спасибо Евгению Козыреву за помощь!

Спасибо за внимание!