Joint Institute for Nuclear Research (Dubna)

Distance measurement by straw tubes

Artem Chukanov

22nd of January, 2024

Экспериментальное измерение ошибок

Экспериментально нам доступно только время дрейфа электронов до проволочки, которое мы можем использовать для измерения расстояния от проволочки до трека.
Мы знаем только расстояние.
Направление, ориентация, угол нам неизвестны.

3. ПОГРЕШНОСТИ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Пусть некоторая величина f зависит от прямо измеряемых величин X, Y, Z, ..., причём вид этой зависимости $f = f(x, y, z, ...)$ известен. Ввиду того, что величины x, y, z, ... измеряются с определенными погрешностями, величина f также обладает погрешностью, которую необходимо определить. Существует два метода определения погрешности величины f: метод переноса погрешностей, иначе называемый методом средних, и выборочный метод.

3.1. Метод переноса погрешностей

Метод переноса погрешностей применяется в том случае, когда измеренные прямо независимо друг от друга величины x, y, z, ..., являющиеся аргументами функции f, образуют выборки $\{x'\}$, $\{y'\}$, $\{z'\}$, ...

Вычисление ошибок измерения - немного математики

Для измеренной функции $f(x, y, z)$ ошибка на измерение даётся выражением:

$$\Delta f = \sqrt{\Delta f_x^2 + \Delta f_y^2 + \Delta f_z^2},$$

$$\Delta f = \sqrt{(\frac{\partial f}{\partial x}\Delta x)^2 + (\frac{\partial f}{\partial y}\Delta y)^2 + (\frac{\partial f}{\partial z}\Delta z)^2}$$

Экспериментальное измерение ошибок

Результат косвенного измерения расстояния от проволочки до трека с учетом погрешности записываем в виде

$$f(t) = \bar{f}(t) \pm \Delta\bar{f}(t)$$

$\bar{f}(t)$ - истинное среднее значение функции, $\Delta\bar{f}(t)$ - полная погрешность величины $f(t)$

$$\Delta\bar{f}(t) = \sqrt{(\frac{\partial f}{\partial t})^2 \Delta\bar{t}^2}$$

$\Delta\bar{t}$ - содержит в себе всевозможные неопределённости определения времени (погрешность времени сцинтиллятора, погрешность прихода электронов от трека до проволочки и т.п.).

Экспериментально измеряем $\bar{f}(t)$, Δt, вычисляем $\frac{\partial f}{\partial t}$ и находим $\Delta\bar{f}(t)$

Сравнение двух методов

$$\Delta\bar{f}(t) = \sqrt{(\frac{\partial f}{\partial t})^2 \Delta\bar{t}^2} \quad \text{перепишем} \quad \sigma_x = \frac{\partial f}{\partial t}\sigma_t$$

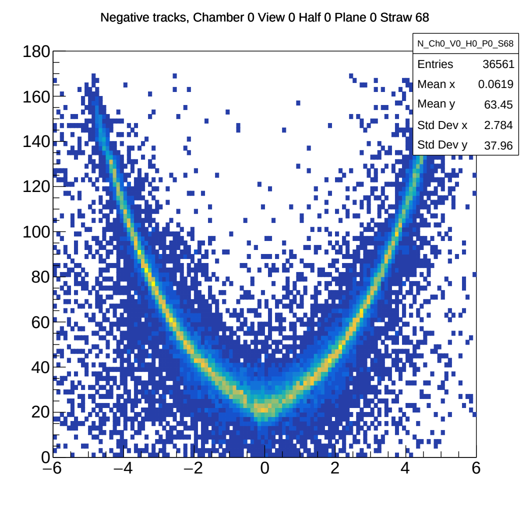
Используемая формула в параллельном анализе:

$$\sigma_t = \frac{\partial f}{\partial x}\sigma_x \quad \rightarrow \quad \sigma_x = \frac{\sigma_t}{\frac{\partial f}{\partial x}}$$

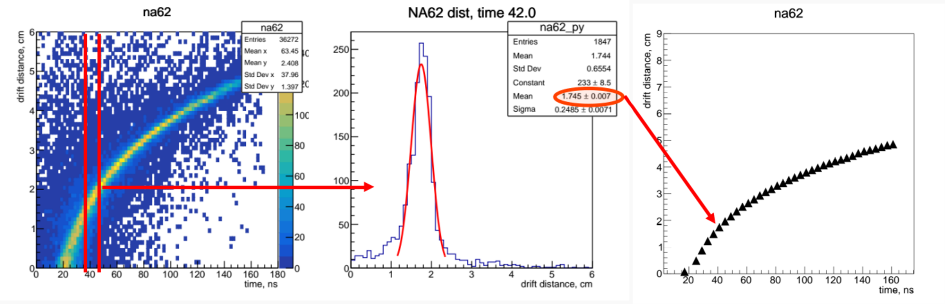
Внимание! Для измерения ошибки на косвенно измеряемую величину x, необходимо брать производную от функции для прямо измеряемой величины f(t). В этом анализе используется производная от косвенно измеряемой величины x.

Комментарий: каким образом будет вычисляться ошибка на измерение косвенно измеряемой величины в случае её зависимости от нескольких переменных $x = f(t, a)$?

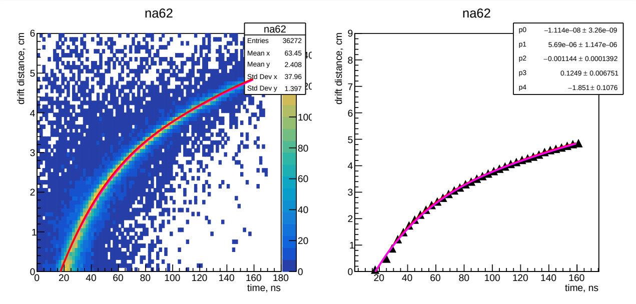
Сигнал с теста NA62



Описание зависимости R(t)



Описание зависимости R(t)

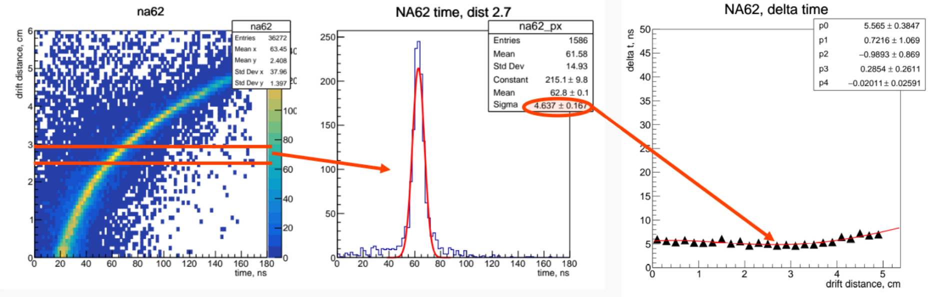


Зависимость аппроксимируем полиномом 4-й степени

Для августовского сеанса использовали функцию $f(t) = p_1 t \cdot e^{-p_2 \cdot t + p_3} + p_4$, но из-за малого числа фоновых событий полином лучше описывает данное распределение.

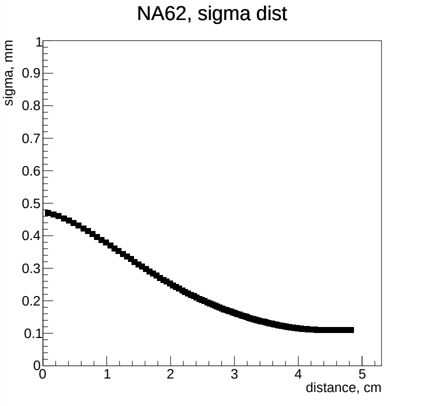
Добавлено переаппроксимирование двумерной гистограммы с помощью метода перевзвешивания (фиолетовая линия)

Неопеределённость измерения времени Δt

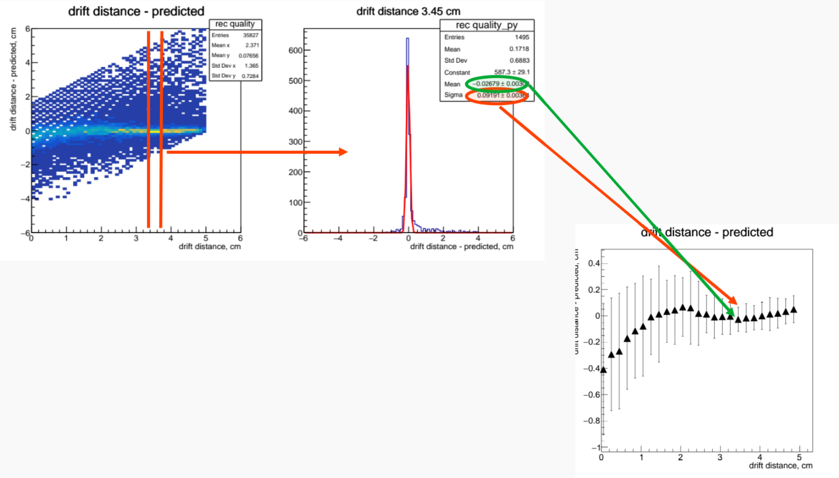


Неопределённость измерения расстояния

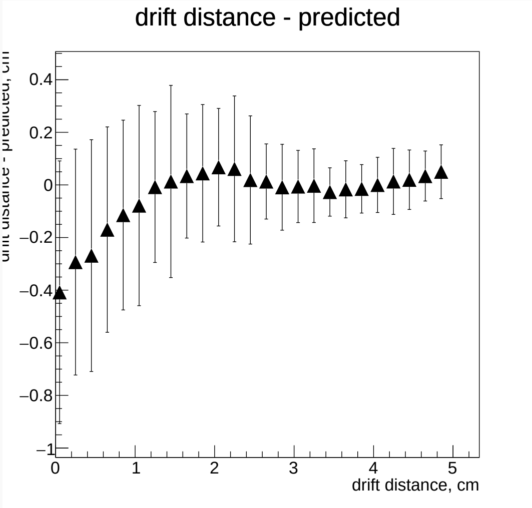
$\sigma_r = \frac{\partial f}{\partial t}\sigma_t$, $f(t)$ измерена на слайде, σ_t измерена на слайде.



Разница между измеренным дрейфовым расстоянием и предсказанным



Разница между измеренным дрейфовым расстоянием и предсказанным



Измеренное и вычисленное разрешение