



# Определение оптимальной схемы подключения кремниевого фотоумножителя к системе сбора данных CAEN FERS-5200

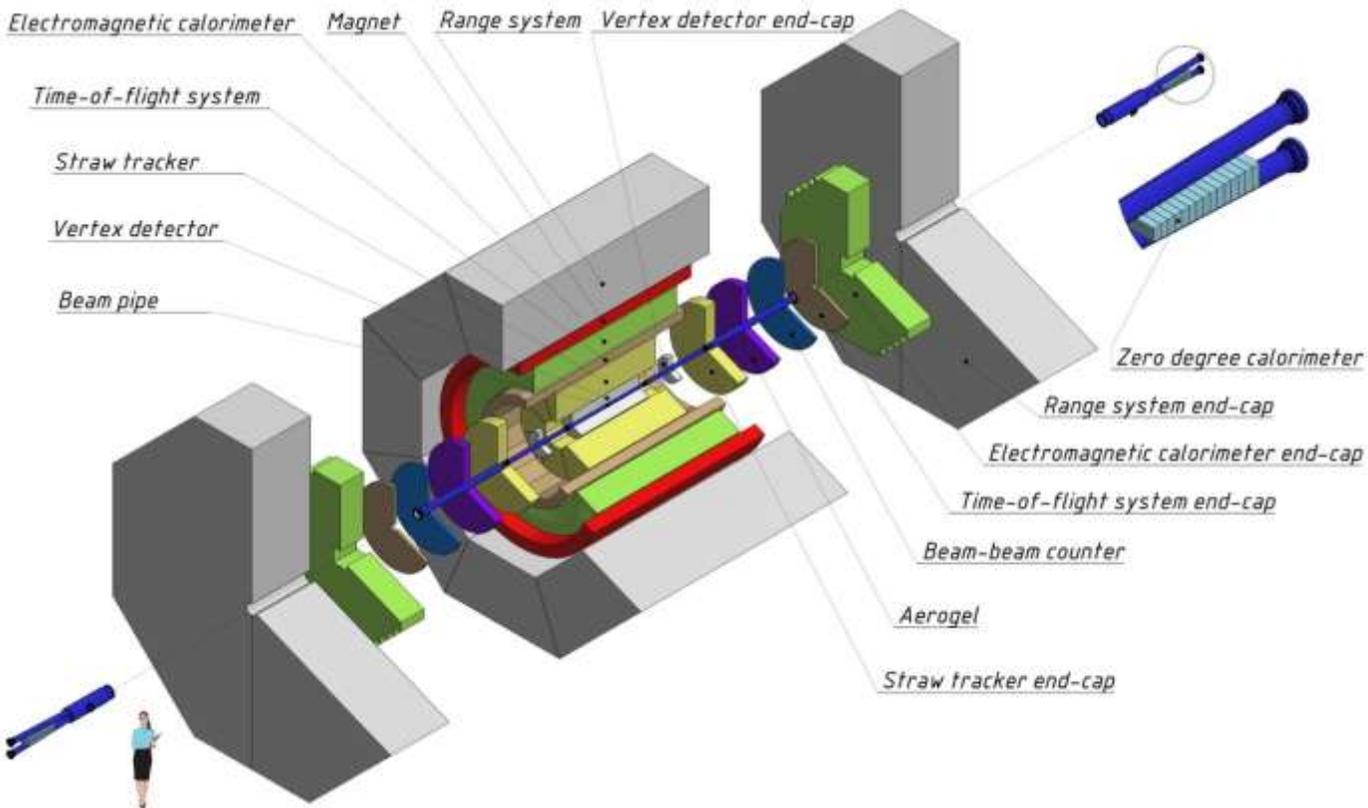
Научный руководитель: П.Е. Тетерин  
к.ф.-м.н., доц.

Студентка: К.А. Тертышная

Москва, 2024



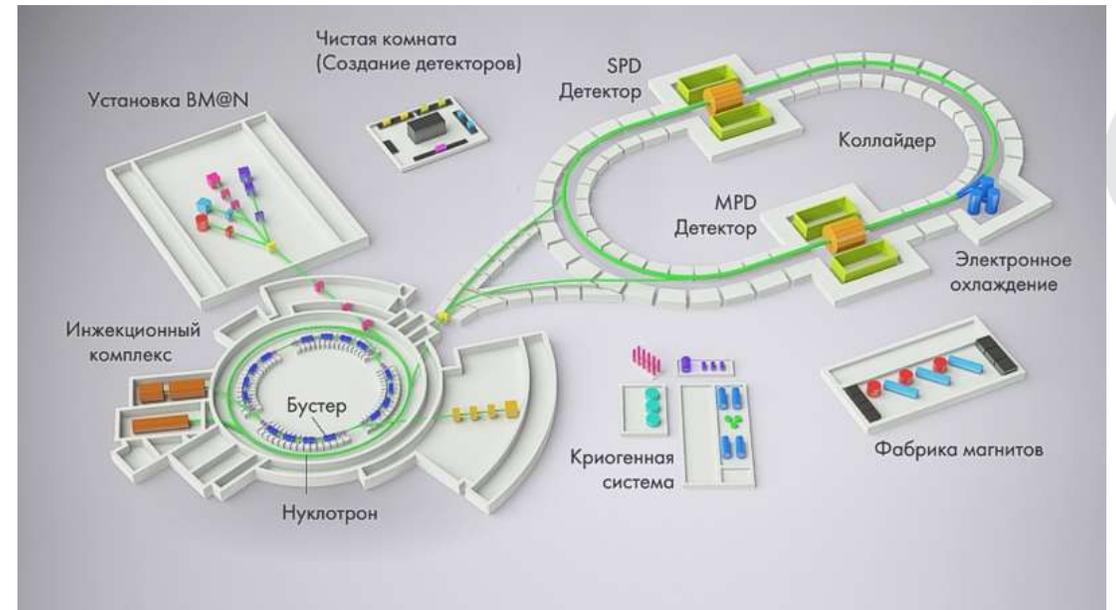
# Коллайдер NICA и эксперимент SPD



Детекторная система SPD

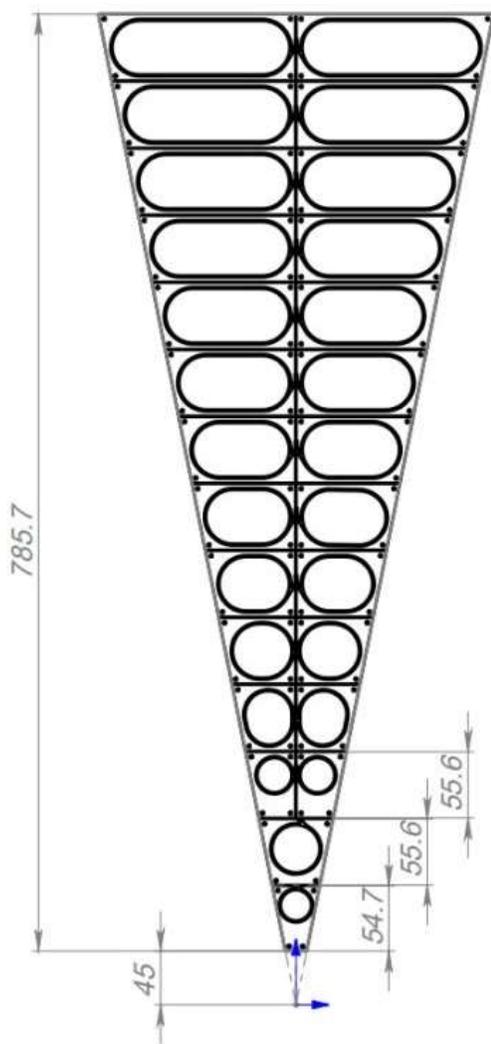
**Spin Physics Detector** - это универсальная установка для исследования спиновой структуры нуклонов и других спиновых явлений.

- Установка будет использовать поляризованные пучки
- Энергия частиц до 27ГэВ в системе центра масс, частота соударений – 3МГц



Ускорительный комплекс NICA

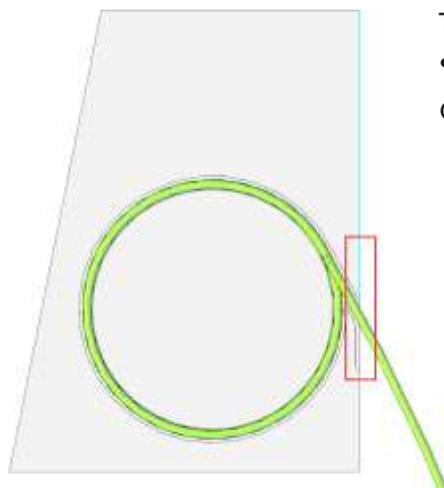
# Счётчик пучков (ВВС)



Геометрия сектора ВВС

**Beam-Beam Counter** - сцинтилляционный детектор, имеющий секторную структуру.

- Одно колесо ВВС содержит 16 секторов, каждый сектор состоит из 26 тайлов.
- Сцинтилляторы соединены с кремниевыми фотоумножителями (SiPM) через спектросмещающее оптоволокно.
  - Оптоволокно, скрученное в несколько раз, находится внутри тайла.
  - Сигнал с SiPM считывается системой предварительной обработки данных CAEN FERS-5200



Сцинтиллятор трапецевидной формы (тайл)



CAEN FERS-5200

# Цель и задачи

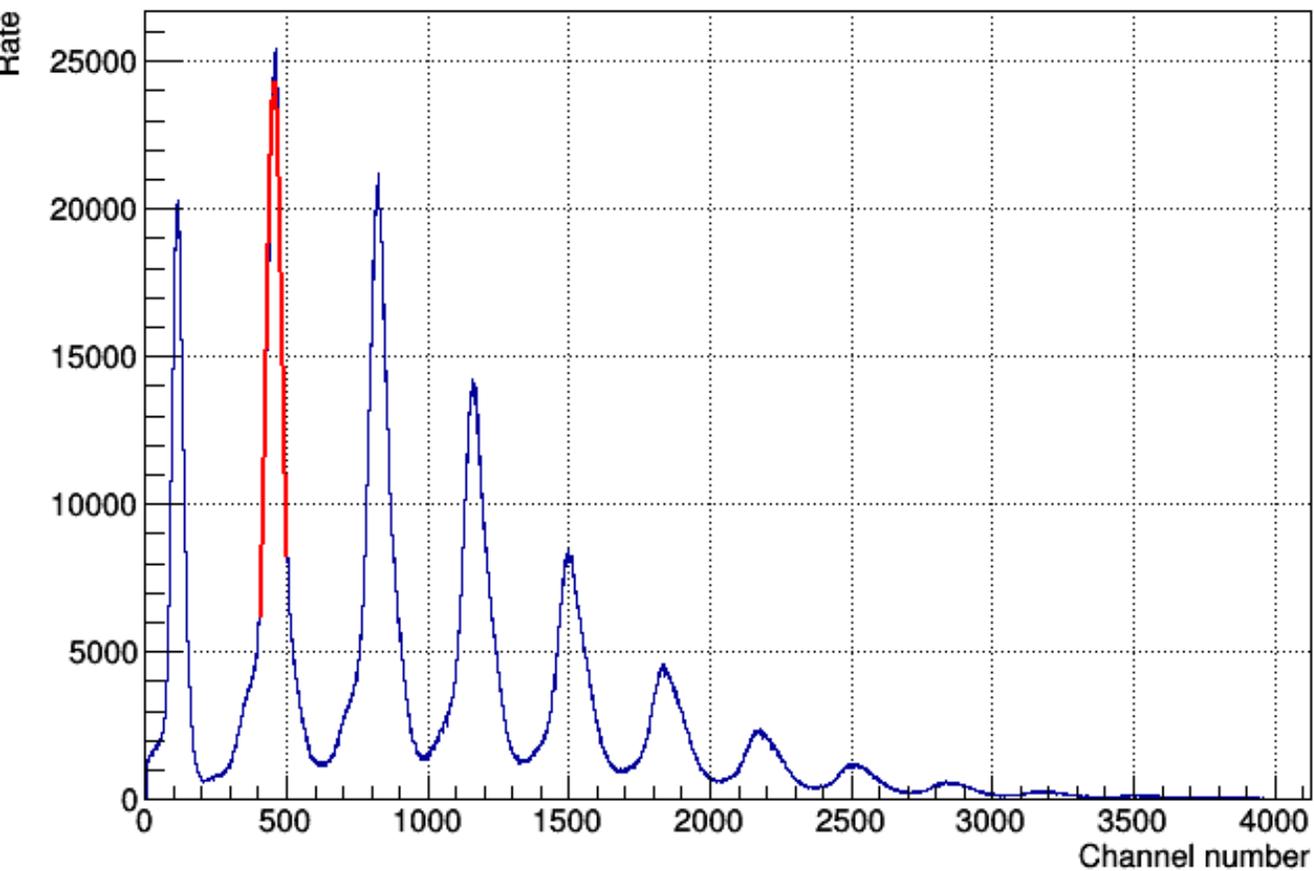
## Цель:

Подобрать оптимальную схему подключения SiPM к системе считывания CAEN FERS-5200 для дальнейшего использования методики в прототипе детектора BBC на SPD.

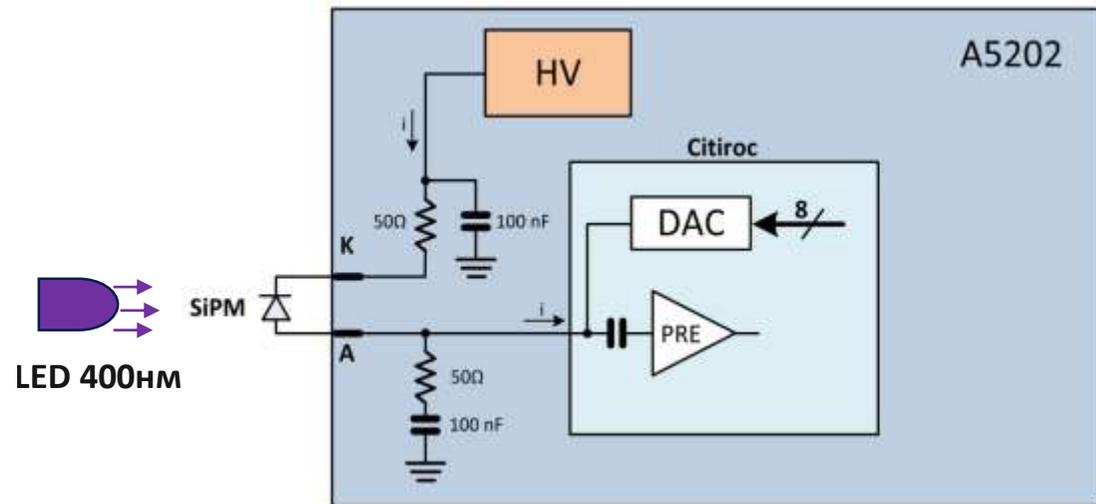
## Задачи:

- Подготовить три варианта схем подключения сипм: плоская пара, коаксиальный кабель с фильтром по напряжению питания и без фильтра
- Получить одноэлектронный спектр сигналов сипм для каждого варианта подключения
- Провести анализ полученных спектров

# Представление результатов



Одноэлектронный спектр



FERS manual

# Представление результатов

	Внешний фильтр	Плоская пара	Коаксиальный кабель
$\langle x_3 \rangle - \langle x_2 \rangle$	$84,57 \pm 0,02$	$346,4 \pm 0,2$	$377,30 \pm 0,10$
<b>2,35<math>\times\sigma</math></b> (ширина пика на половине высоты)	$54,45 \pm 0,09$	$205,2 \pm 0,5$	$71,58 \pm 0,07$
<b><math>\delta, \%</math></b> (относительное разрешение)	~64	~59	~19

## Заключение



- В ходе работы рассмотрены три варианта подключения SiPM к системе считывания CAEN FERS-5200 для прототипа детектора BBC на SPD.
- Для каждого из вариантов подключения SiPM получены одноэлектронные спектры.
- Рассчитаны амплитудные разрешения пиков для подключения с внешним фильтром, через плоскую пару и коаксиальный кабель. Относительное разрешение составило 64%, 59% и 19%, соответственно.

**Итог:** Наилучшим результатом является 19%, что соответствует подключению SiPM через коаксиальный кабель без внешнего фильтра.

**Спасибо за внимание!**

**Back up**

**Относительное разрешение:**

$$\delta = \frac{2,35 \times \sigma}{\langle x_3 \rangle - \langle x_2 \rangle} \times 100\%$$

$\sigma$  – среднеквадратичное отклонение

2,35 – коэффициент пропорциональности между  $\sigma$  и шириной пика на половине высоты

$2,35 \times \sigma$  – ширина пика на половине высоты

$\langle x \rangle$  – положение середины пика

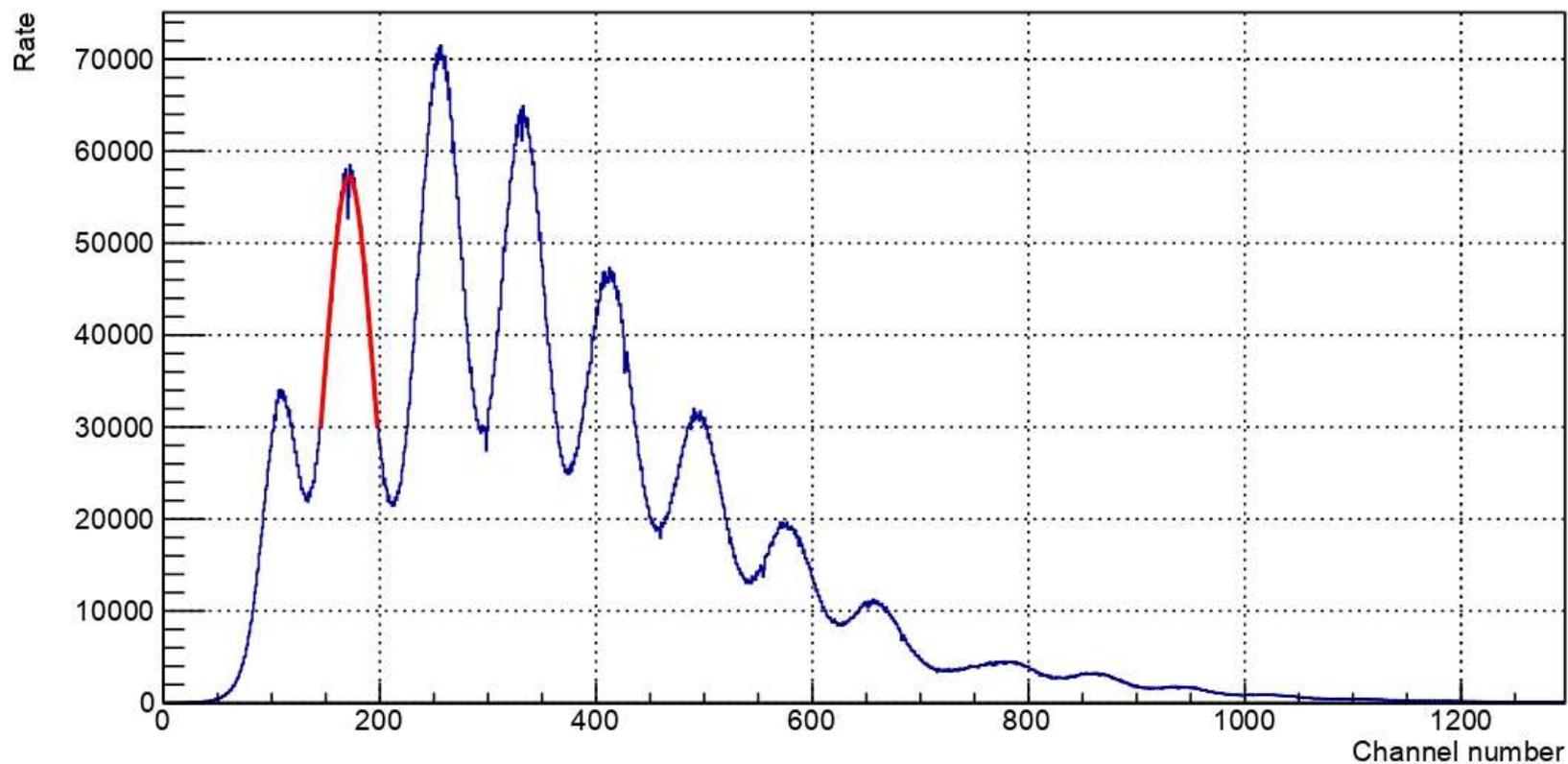
## Back up

Пусть  $z(x, y, \dots)$  — произвольная функция переменных  $x, y$  и др.

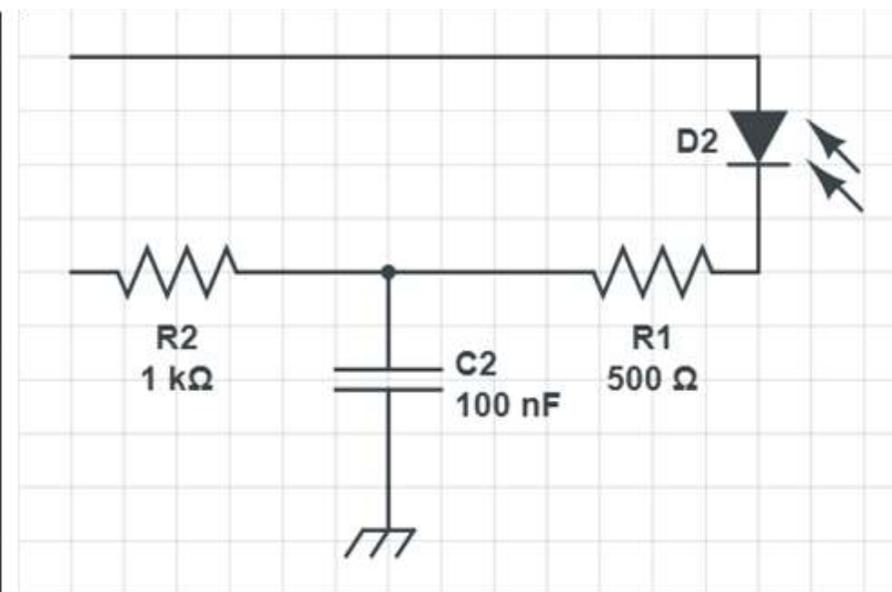
**Формула для вычисления погрешности косвенных измерений:**

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

# Back up



Одноэлектронный спектр с фильтром



Плата питания с фильтром

$$\langle x_2 \rangle = 171,57 \pm 0,02$$

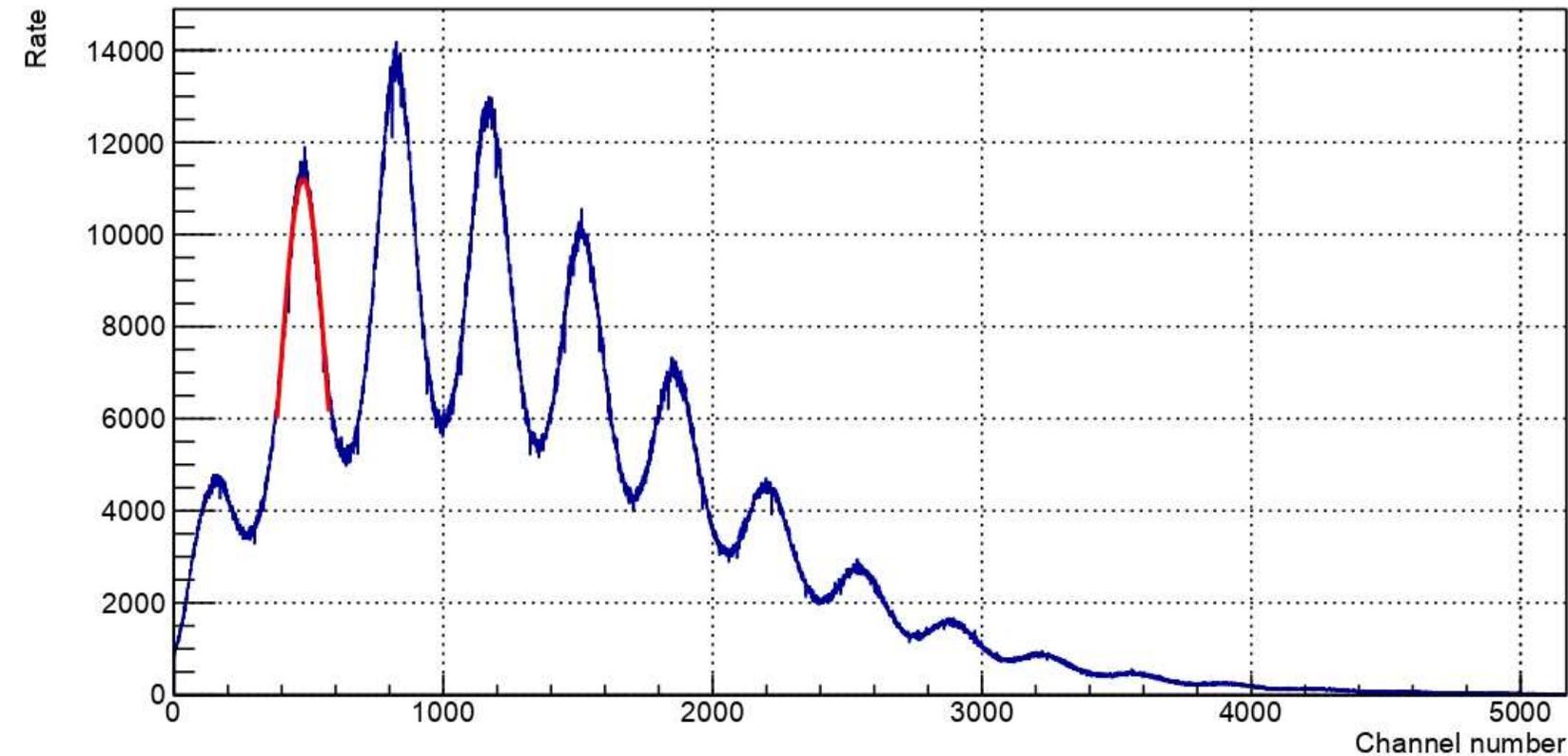
$$\langle x_3 \rangle = 256,15 \pm 0,02$$

$$\sigma = 23,17 \pm 0,04$$

$$\langle x_2 \rangle - \langle x_3 \rangle = 84,57 \pm 0,02$$

$$\delta \sim 64\%$$

# Back up



$$\langle x_2 \rangle = 479,45 \pm 0,11$$

$$\langle x_3 \rangle = 825,82 \pm 0,12$$

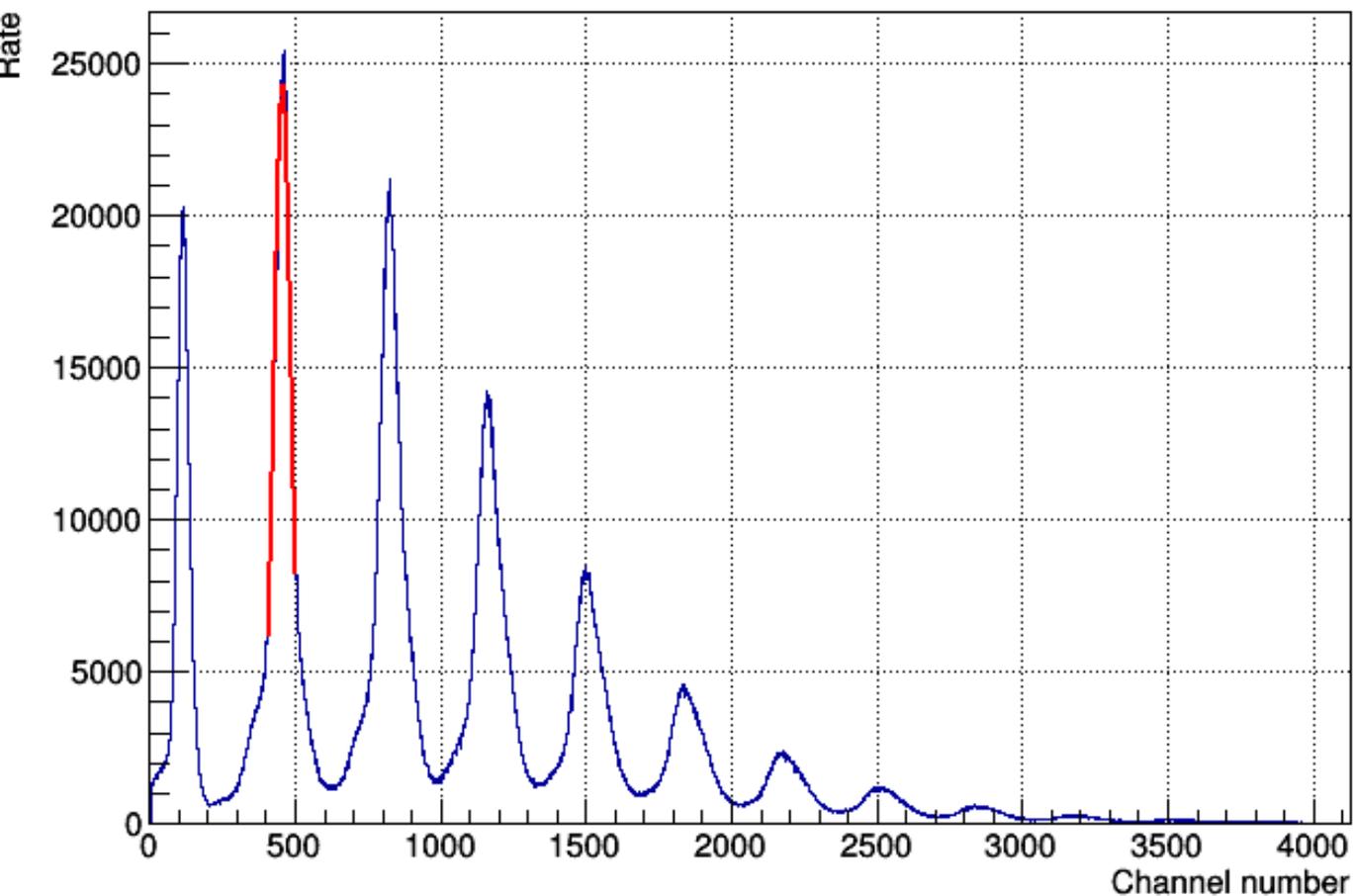
$$\sigma = 87,3 \pm 0,2$$

$$\langle x_2 \rangle - \langle x_3 \rangle = 346,4 \pm 0,2$$

$$\delta \sim 59\%$$

Одноэлектронный спектр без фильтра: подключение через плоскую пару

# Back up



$$\langle x_2 \rangle = 458,44 \pm 0,03$$

$$\langle x_3 \rangle = 835,74 \pm 0,04$$

$$\sigma = 30,46 \pm 0,03$$

$$\langle x_2 \rangle - \langle x_3 \rangle = 377,30 \pm 0,10$$

$$\delta \sim 19\%$$

Одноэлектронный спектр без фильтра: подключение через коаксиальный кабель

## Характеристики сцинтиллятора:

- polystyrene Styrolution 124N – 98.0-98.5%
- p-Terphenyl (CAS 92-94-4) – 1.5-2.0%
- POPOP (CAS 1806-34-4) – 0.01-0.04%

<b>Light Output, % Anthracene</b>	<b>Decay Time, ns</b>	<b>Wavelength of Max. Emission, nm</b>	<b>Light Attenuation Length, cm (1x20x200 cm samples)</b>	<b>Main Applications</b>
60–70	2.5	430	>200	$\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ , fast n