

МГУ им. М.В.Ломоносова
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра физики элементарных частиц

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Васильева А.В.

На тему:

**“КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА
КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ТИПА “ШАШЛЫК”
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА УСТАНОВКАХ COMMON
MUON PROTON APPARATUS FOR STRUCTURE AND
SPECTROSCOPY (COMPASS) И MULTI-PURPOSE
DETECTOR (MPD) КОЛЛАЙДЕРА NUCLOTRON-BASED
ION COLLIDER FACILITY (NICA)”**

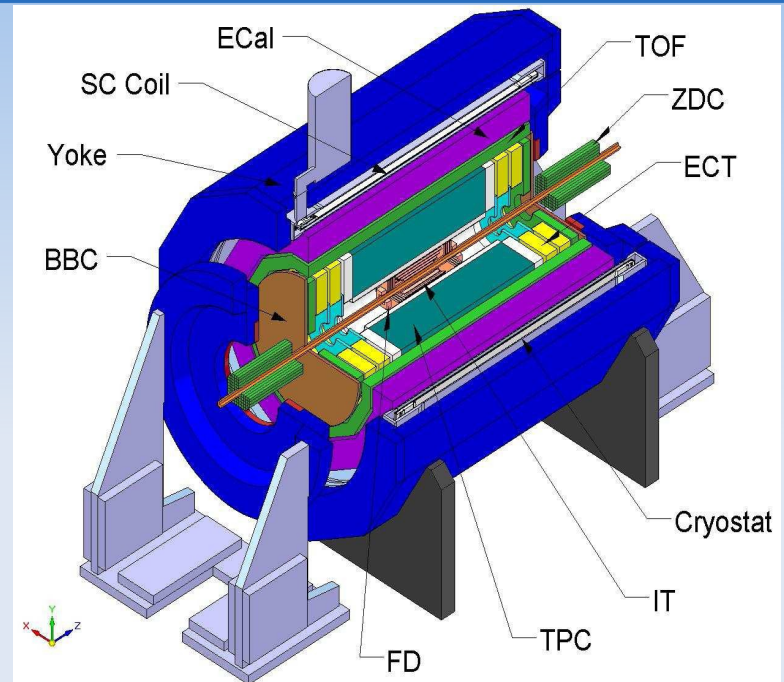
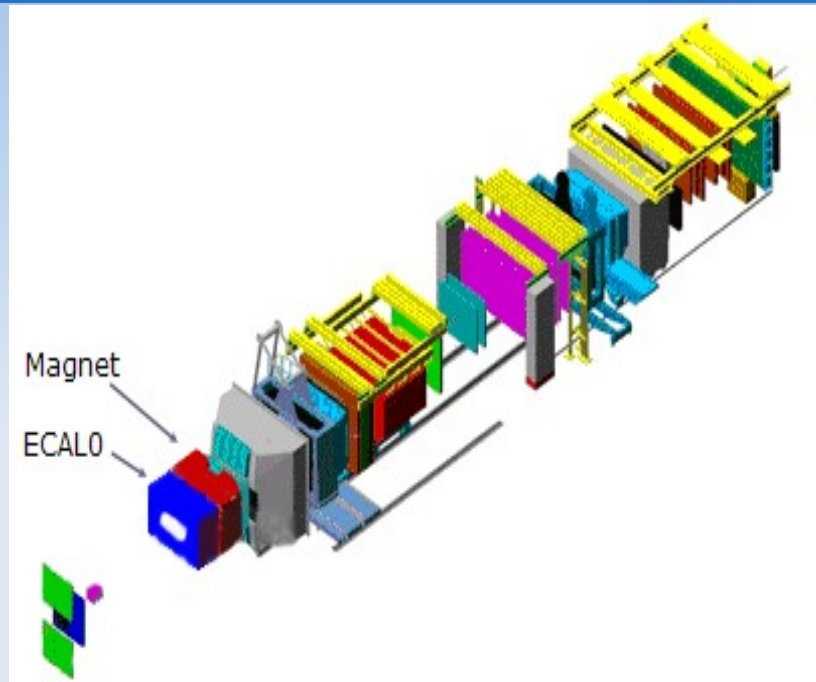
Научный руководитель
н.с. ЛЯП ОИЯИ
Анфимов Н.В.

Заведующий кафедрой
академик РАН
Кадышевский В.Г.

Эксперименты и детекторы

COMPASS

NICA



Параметры	ECAL0	ECAL/MPD
Размеры	$h=0.5\text{ м}$, $S=2.4 \times 2.4\text{ м}^2$, отверстие $0.48 \times 0.48\text{ м}^2$	$R_1=1.8\text{ м}$, $R_2=2.2\text{ м}$
Псевдобыстрота	$1.2 < \eta < 2.3$	$ \eta < 1.4$
Энергетическое разрешение	$10\%/\sqrt{E(\text{ГэВ})}$	$3\%/\sqrt{E(\text{ГэВ})}$
Диапазон регистрируемых энергий	20 МэВ- 30 ГэВ	50 МэВ - 5 ГэВ

Электромагнитные калориметры

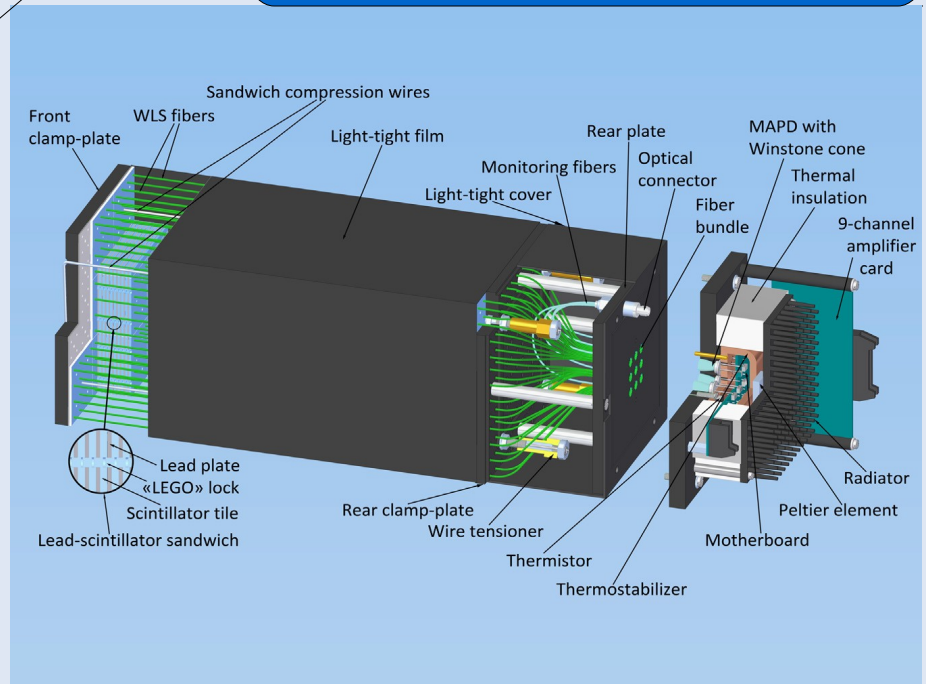
Гомогенные
Монокристаллы NaI, CsI, PWO



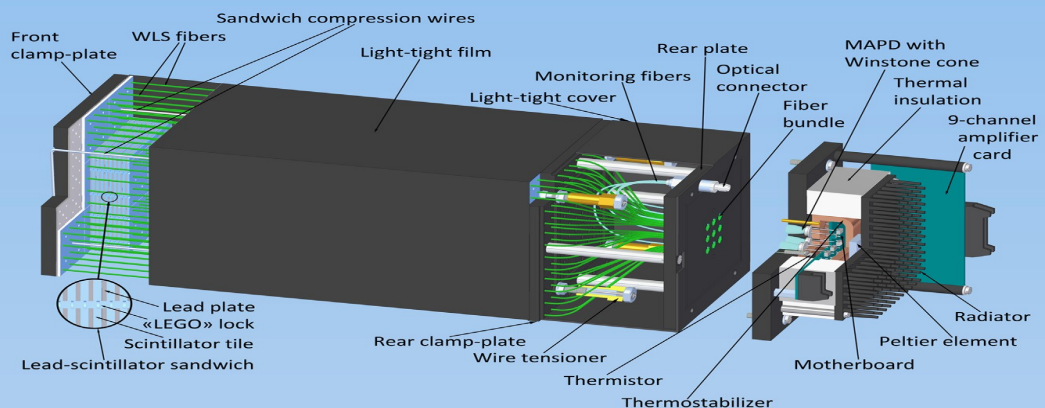
Гетерогенные(сэндвич)

Калориметр типа "Шашлык"

Tile-калориметр
Волокно в каждой сц. пластинке



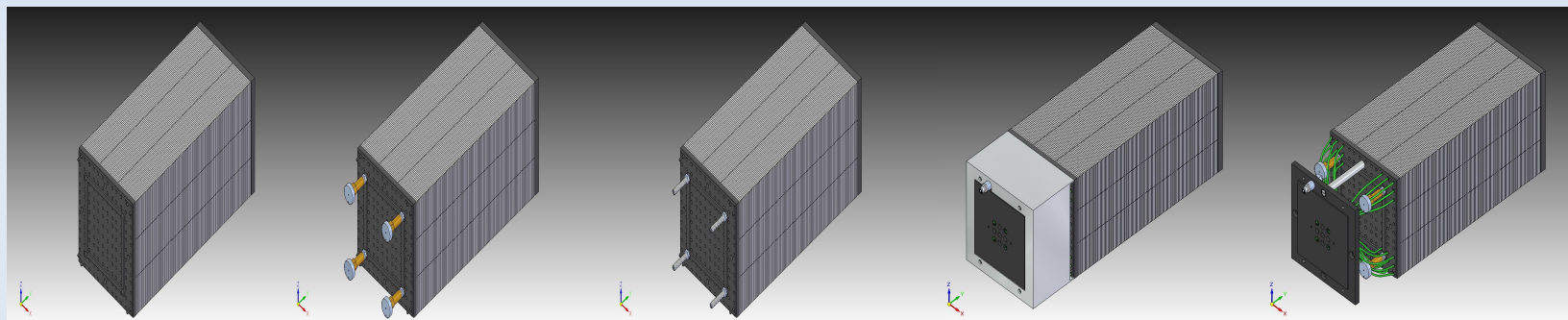
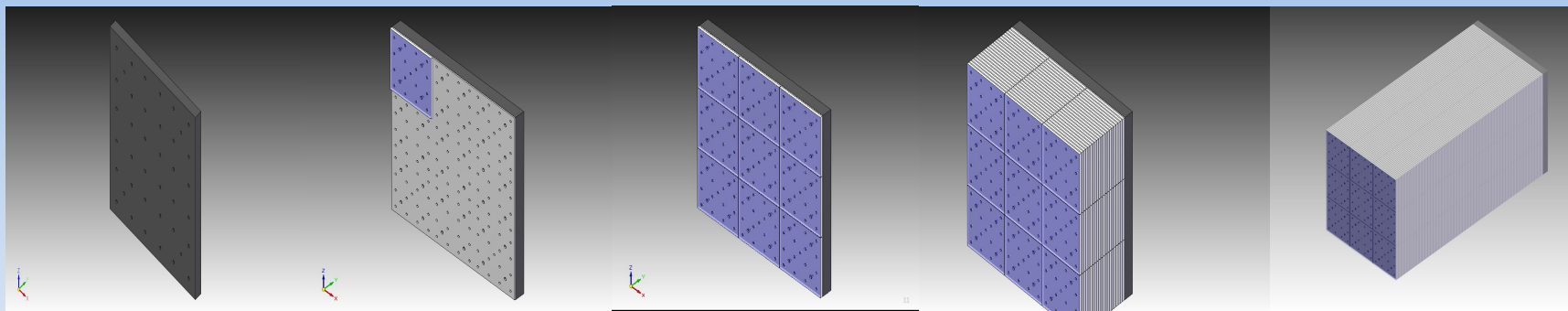
Калориметры типа “Шашлык”



$$\frac{\sigma_E}{E} = \frac{a_{samp}}{\sqrt{E}} \oplus \frac{a}{\sqrt{E}} \oplus b \oplus \frac{c}{E}$$

Характеристики модулей калориметров	ECAL/MPD	ECAL0
Количество слоёв	215	109
Pb/Sc толщина пластин	0.3 / 1.5 мм	0.8 / 1.5 мм
размер пластины	120 X 120 мм	120 X 120 мм
Радиационная длина, X_0	3.49 см	1.64 см
Радиус Мольер	5.98 см	3.5 см
Активная длина	55.5 см (15.9 X_0)	25.1 см (15.3 X_0)
Клоичество башен	9	9
Размер башен	40 x 40 мм	40 x 40 мм

Производство, технологический разброс и дефекты



Дефекты

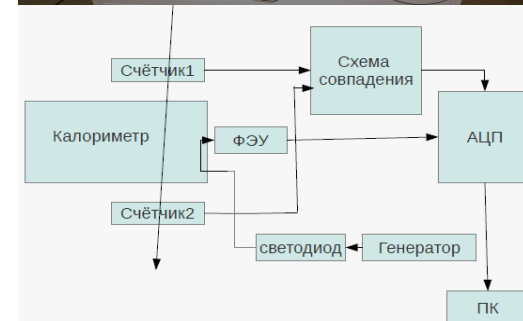
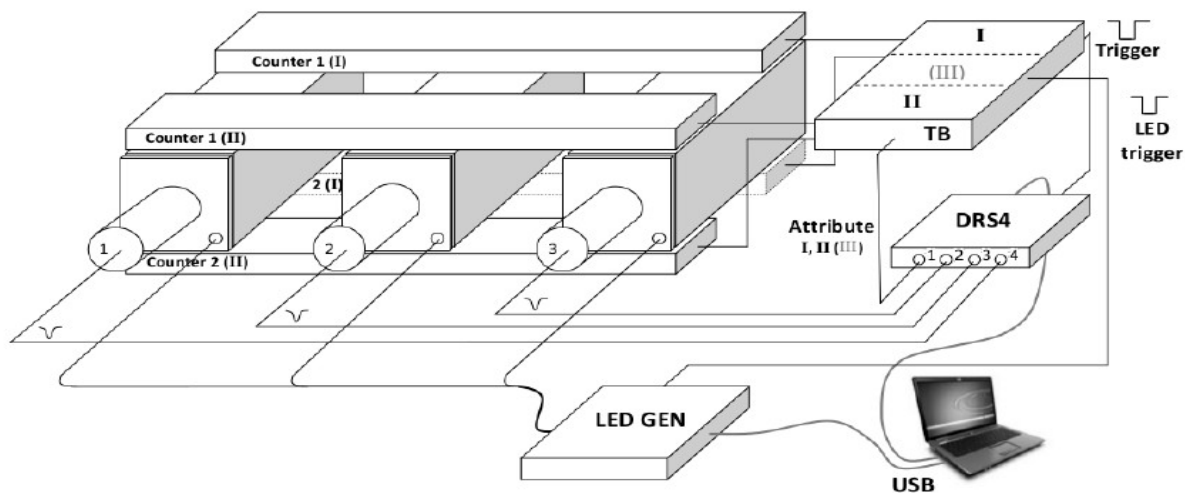
повреждение сцинтиллятора

повреждение волокон

повреждение зеркального покрытия



Установка. Методика проверки качества модулей.



Сцинтилляционные телескопы I и II

Спектрометрические ФЭУ(1,2,3) EMI 9839A: PDE~18% на 505 нм, коэффициент усиления 107

Триггерный блок (ТБ)

Импульсный источник света (LED GEN): длительность 30 нс

Аналогово-цифровой преобразователь (DRS4)

ПК

Метод вспышек света малой интенсивности

$$P(\mu, n) = \frac{e^{-\mu} \cdot \mu^n}{n!}$$

$$P(\mu, 0) = e^{-\mu}$$

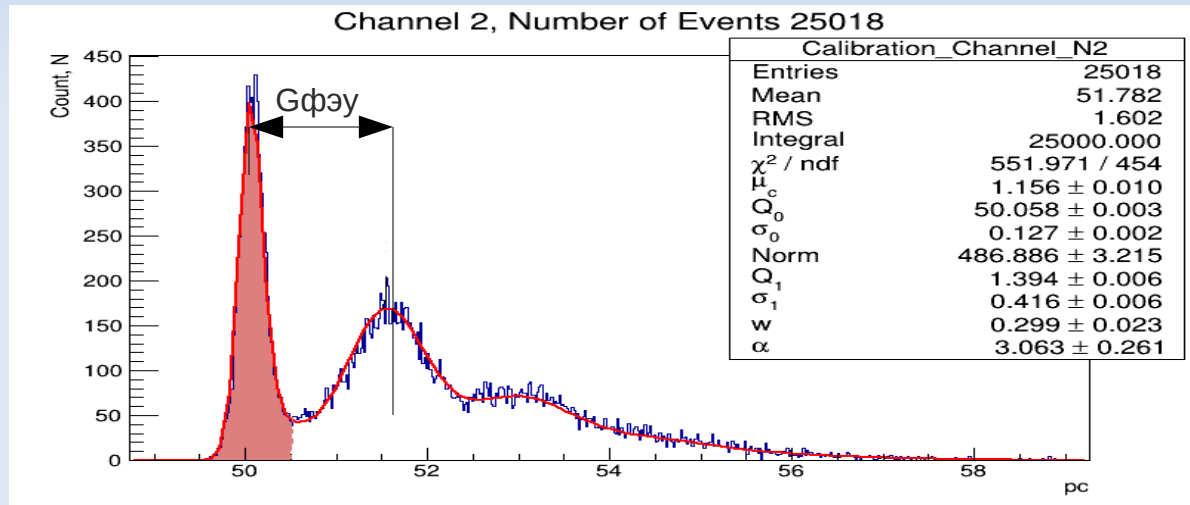
$$\mu = -\ln(P(\mu, 0))$$

$$P(\mu, 0) = \frac{N_{ped}}{N_{tot}}$$

$$\mu = -\ln\left(\frac{N_{ped}}{N_{tot}}\right)$$

$G_{фэу} = \text{Signal} / \mu = (A - Q_0) / \mu$

среднее количество ф.э. от космического мюона $\mu = \text{Signal} / G_{фэу} = (A - Q_0) / G_{фэу}$

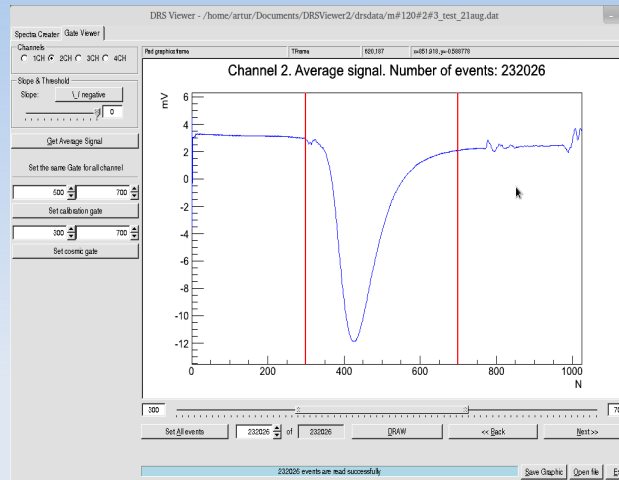
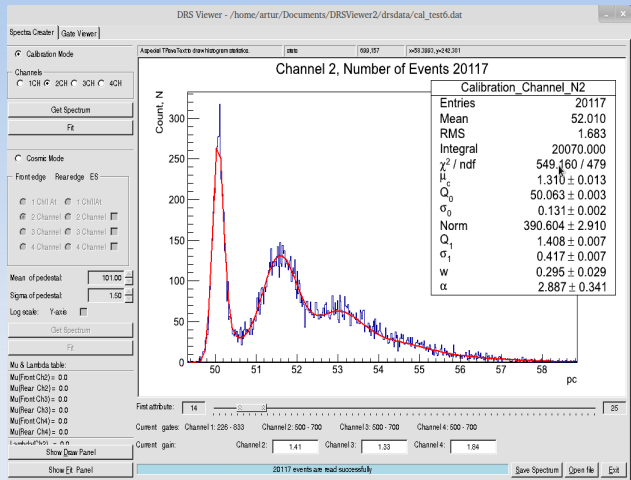
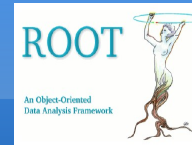


$$S_{\text{real}}(x) \approx \left\{ \frac{(1-w)}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-Q_0)^2}{2\sigma_0^2}\right) + w \theta(x-Q_0) \times \alpha \exp[-\alpha(x-Q_0)] \right\} e^{-\mu} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\mu^n e^{-\mu}}{n!}$$

$$\times \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi n}} \times \exp\left(-\frac{(x-Q_0-Q_{sh}-nQ_1)^2}{2n\sigma_1^2}\right)$$

I.E. Chirikov-Zorin. Absolute calibration and monitoring of a spectrometric channel using a photomultiplier. Nucl.Instrum.Meth.

Программное обеспечение



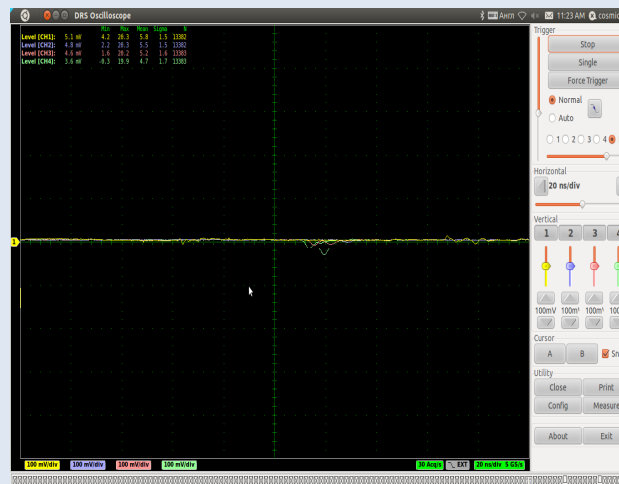
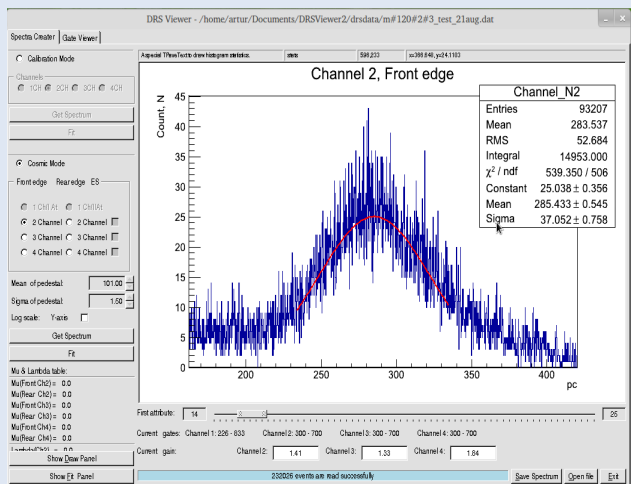
- Язык C++, ROOT;

- автовыборка по признаку;

- встроенный автофиттер;

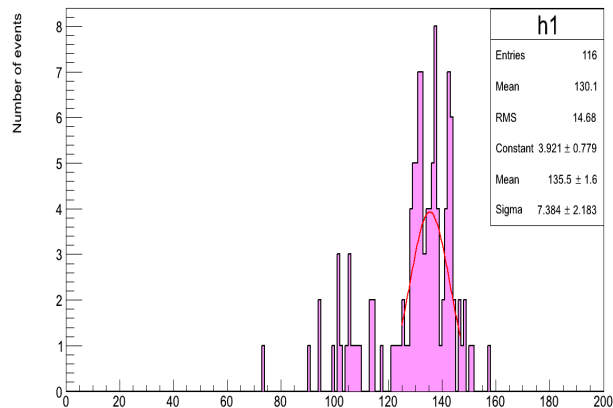
- фильтр по амплитуде сигнала;

- исключение "косых" событий.

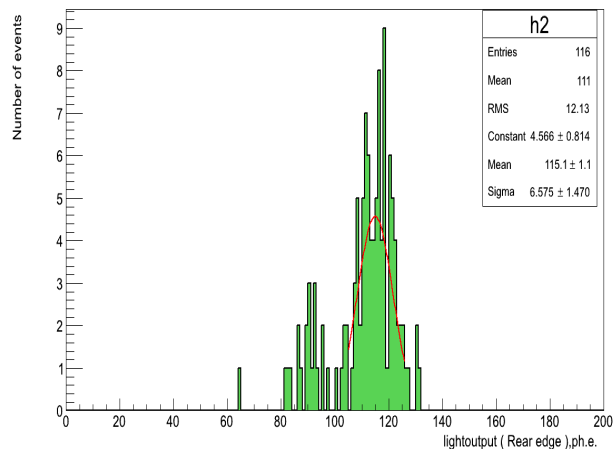


Результаты . Паспортизация.

ECAL0 modules lightoutput distribution (Front edge)



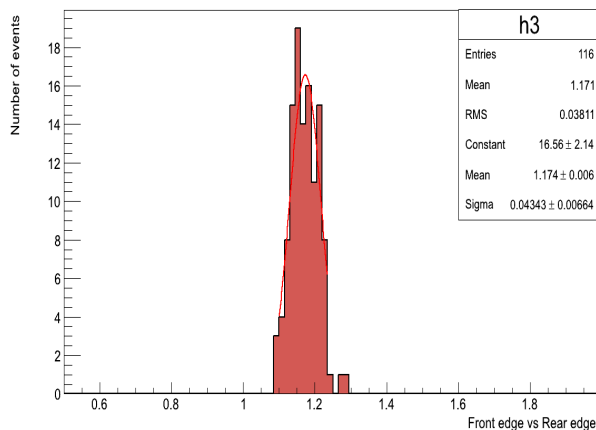
ECAL0 modules lightoutput distribution (Rear edge)



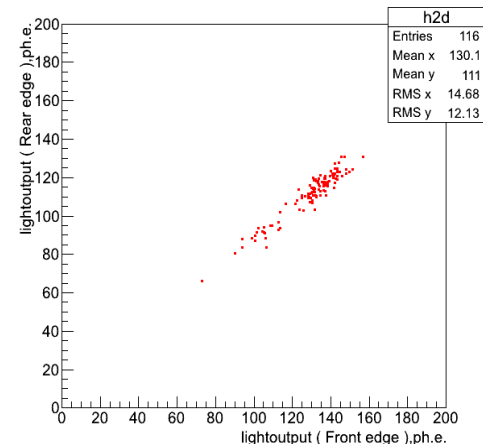
Light collection Measurements of ECAL0

Date:		_22_ 08_ 2013_																		
№ ECAL0	Trig	Number of events	Pedestal		Calibration						X1 = 4 cm		X2 = 22 cm		$\mu_{1, ph.e}$	$\mu_{2, ph.e}$	$\lambda_{eff, cm}$	t °C	gate	File name
			Q_0	σ_0	A_c	σ_c	$\mu_{c, ph.e}$	Q_1	σ_1	$A_{\mu 1}$	$\sigma_{\mu 1}$	$A_{\mu 2}$	$\sigma_{\mu 2}$							
PMT #1	Cal 1	20710	50.1	0.13	51.1	1.27	0.68	1.48	0.42	1									530 740	c1#1#2#3.dat
	muon	17679	96.6	1.14						4	240.69	33.93	219.83	30.97	98.0	83.85	115.1		300 700	m#1#2#3.dat
			17709	96.6	1.14						4									
1	Cal 2	22606	50.1	0.14	51.1	1.27	0.69	1.47	0.41	1								530 740	c2#1#2#3.dat	
PMT #2	Cal 1	20710	50.1	0.12	51.8	1.61	1.24	1.4	0.4	1										
	muon	11425	97.55	1.05						4	230.41	32.58	208.67	30.51	96.28	80.53	100.7			Note
2	Cal 2	22606	50.1	0.14	51.9	1.60	1.28	1.38	0.41	1										
PMT #3	Cal 1	20710	50.1	0.14	53.3	2.63	1.67	1.85	0.78	1										
	muon	18235	97.18	1.17						4	300.04	43.31	277.48	40.59	106.8	94.90	152.7			
3	Cal 2	22606	50.1	0.15	53.4	2.65	1.73	1.90	0.75	1										

Front edge vs Rear edge lightoutput distribution



Correlation of Front and Rear edge lightoutput distributions

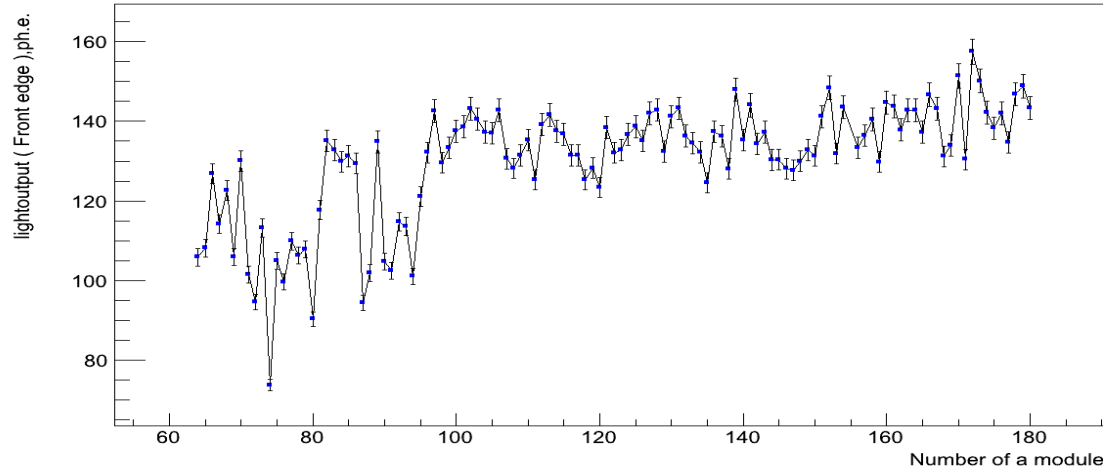


130-140 ф.э.

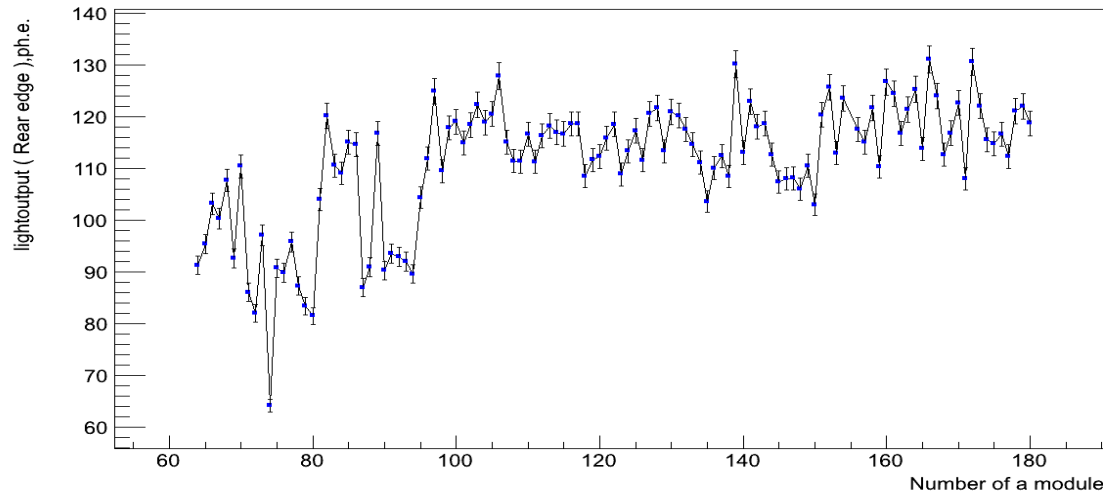
При эффективности ФЭУ 10% с 1 ГэВ 1000 ф.э., для мюона 200 ф.э. в продольном направлении, 100 ф.э. в поперечном.
 При эффективности ФЭУ 13-14% → 130-140 ф.э.

Результаты

ECAL0 modules lightoutput graph (Front edge)



ECAL0 modules lightoutput graph (Rear edge)



Выводы

1. Была разработана методика проверки качества модулей на космических мюонах
2. Была собрана установка, позволяющая Детектировать одновременно до 3-ёх модулей (5).
3. Написано программное обеспечение для калибровки ФЭУ и анализа данных.
4. На установке было протестировано 116 модулей для калориметра ECAL0 установки COMPASS.
5. Качество изготовления модулей по разбросу характеристик на уровне 5%.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!