СОЗДАНИЕ ДЕТЕКТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ПЛАСТМАССОВЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.

Цикл работ авторского коллектива:

Харьков, ИСМА НАНУ

Галунов Н.З., Жмурин П.Н., Лагутин В.Н., Лебедев В.Н., Тарасов В.А..

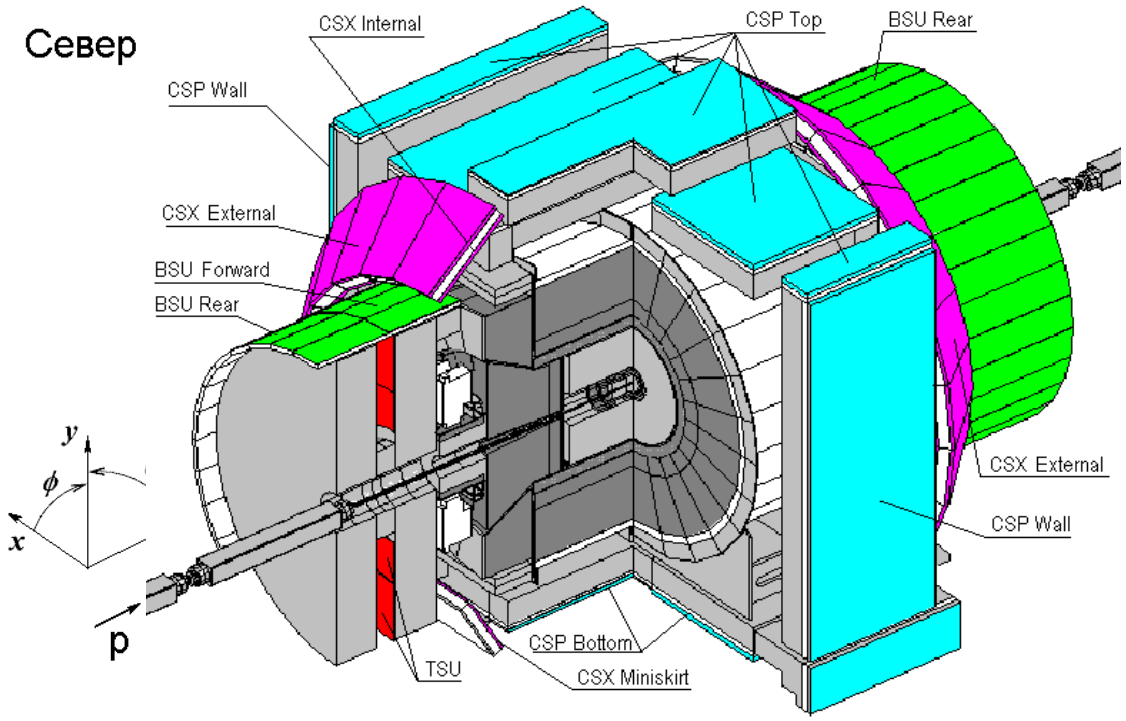
Дубна, ОИЯИ

Артиков А.М, Будагов Ю.А, Крумштейн З.В., Ольшевский А.Г., Чириков-Зорин И.Е..

Цель работы

- Создание уникальных детекторов ионизирующих излучений для международных экспериментов CDF (FNAL, США); OPERA (In2P3, Франция) и COMPASS (CERN, Швейцария) по обнаружению элементарных частиц, предсказанных Стандартной моделью.
- Развитие конкурентно способных технологий производства пластмассовых сцинтилляторов в Украине, обеспечивающих возможность создания нового поколения детектирующих устройств.

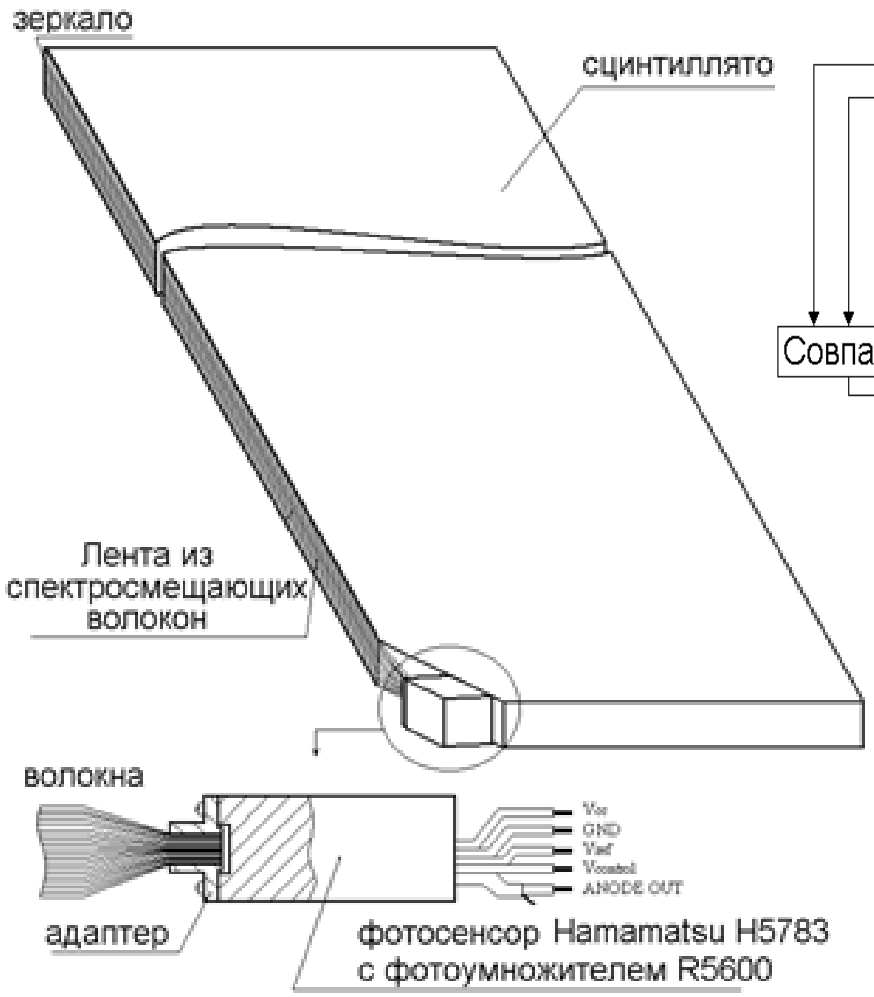
Мюонный детектор CDF

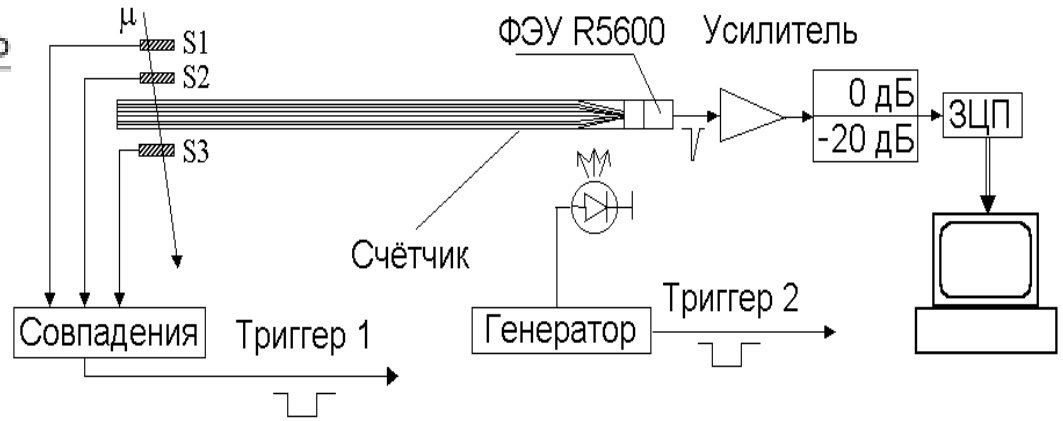


счетчик	длина, см	Ширина, см	Толщина, см
CSPL1	240	30,5	2
CSP L2	310	30,5	2
CSP L3	320	30,5	2
BSU	163	16,6	1,5

- Быстрый мюонный детектор, является основой триггерной системы временного отбора и анализа событий.
- Площадь мюонного детектора составляет несколько сотен квадратных метров – особые требования к прозрачности ПС – не менее - 2.8м.
- Непрерывный срок эксплуатации должен составлять не менее 10 лет поэтому особые требования к радиационной стойкости.

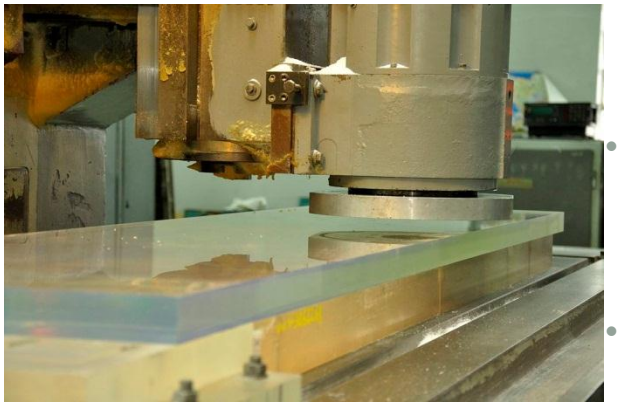
Элемент сцинтилляционного детектора для CDF





Конструкция сцинтилляционного счетчика **НОВОГО** поколения со съемом света с помощью линейки переизлучающих оптических волокон

Технология производства крупногабаритных пластмассовых сцинтилляторов для CDF



- Создание нового оборудование – воздушных полимеризаторов с массой загрузки более 1т
- Изучение детального анализа тепло и массопереноса в полимеризующихся средах больших объемов – выбор условий полимеризации
- Изучение условий светосбора в ПС больших размеров – оптимизация состава
- Отработка технологии получение прозрачного пластика с прозрачностью не менее 2.8м
- Было произведено – 8 тонн пластмассового сцинтиллятора

Основные результаты, полученные в экспериментах на CDF

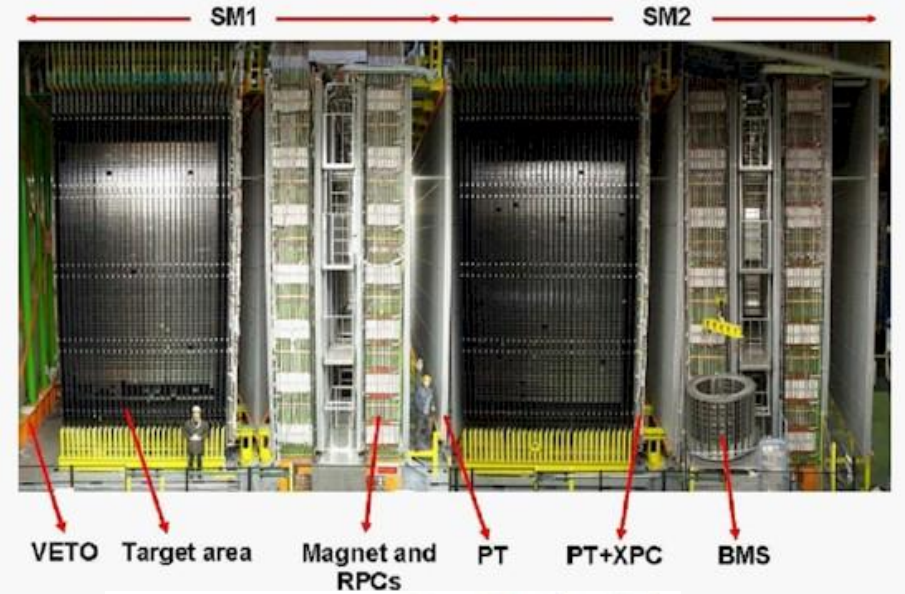
- *Установление массы t-кварка.*

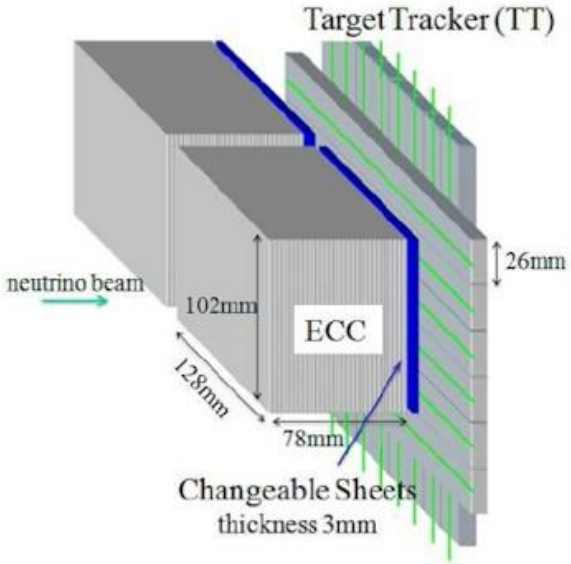
  В результате экспериментов было получено

  M_{top}= 178 ±4,3 *(stat.) ГэВ/*c^2
- *Измерение массы W-бозона*

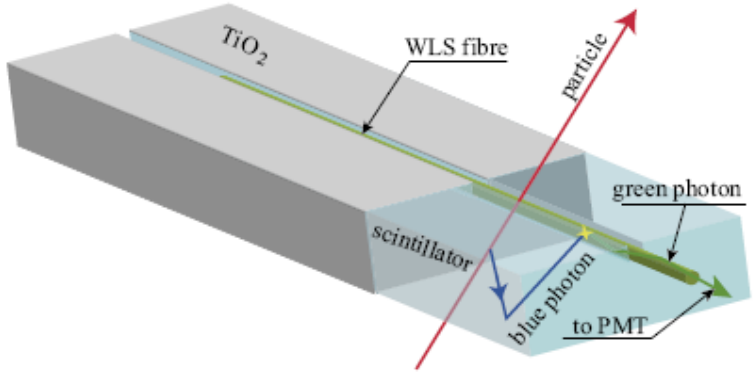
  M_W=80413±48 *(stat.) МэВ/*c^2
- *Установление основных параметров взаимодействия, связанных с t-кварком и W-бозоном*

Координатно-чувствительный детектор эксперимента OPERA

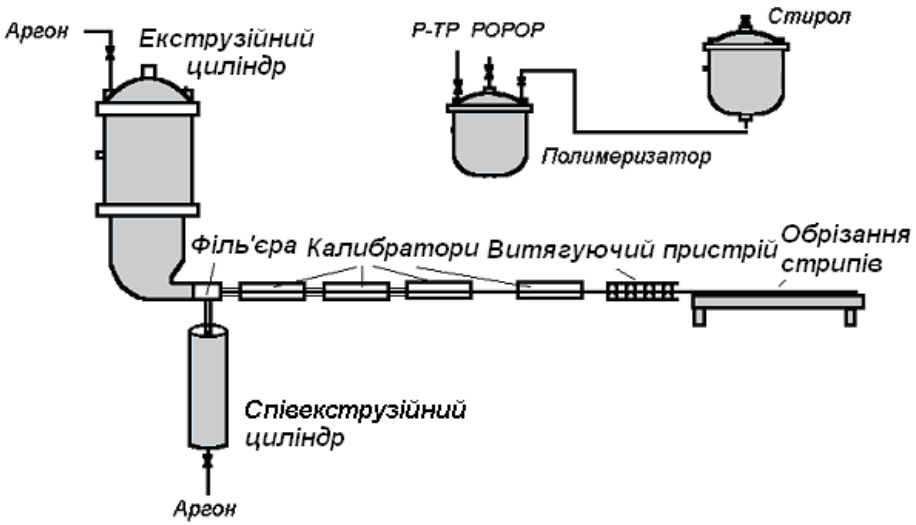




- Эксперименты по осцилляции нейтрино OPERA (Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus), нейтрино генерируются в ЦЕРНе , регистрируются в лаборатории Гран Сассо (Италия), расположенной на 730 км.
- Основным компонентом детектирующего устройство OPERA с 10x10x100 м является координатно чувствительный детектор на основе стрипов, обеспечивающий необходимую точность пространственного разрешения.
- Основное требование к стрипам – это количество производимых фотоэлектронов от стандартного источника – не менее 7 фотоэлектронов.



Технология производства стрипов

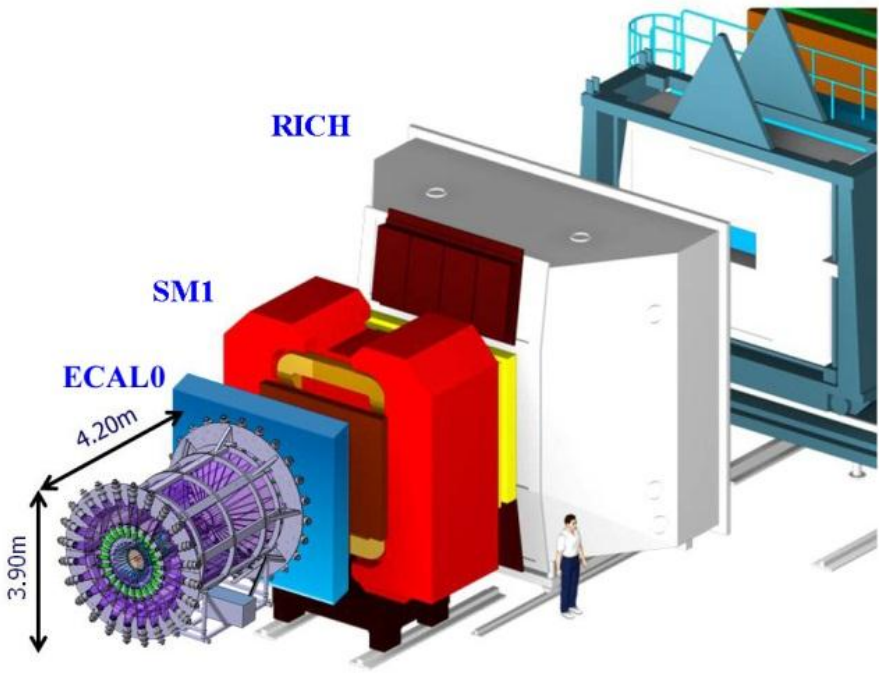


- Основное внимание – прозрачность ПС стрипов BAL 90 – 150 см с профилем 25,7±0,15мм на 9,8±0,15 мм и длиной до 7 м;
- Изучение особенности собирания света в стрипе файбером позволили установить критерии диффузного отражения.
- В результате была создана технология производства стрипов с параметрами : коэффициент диффузного отражения покрытия – 97%; световыход на файбере – не менее 16 фотоэлектронов.
- ИСМА НАНУ выиграла международный тендер на производство стрипов для координатно чувствительного детектора OPERA
- Произведено более 70т стрипов.

Основной результат OPERA

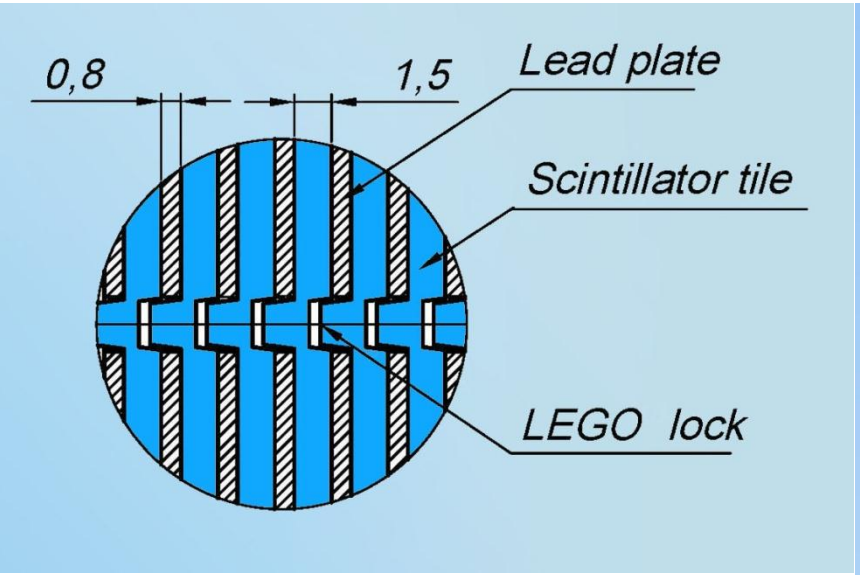
- *Установлены события, которые могут быть рассмотрены как распад тау-лептона в адронному каналe, вызванный распадом тау-нейтрино. Вероятность того, что это фоновое событие составляет 4.5%.*
- *Данный результат является важным шагом в направлении открытия осциляций нейтрино в экспериментах прямого наблюдения.*
- *Есть надежда, что в самый ближайший момент (ориентировочно 2013-2014гг.) следует ожидать появления еще 1-2 событий-кандидатов, что будет окончательным подтверждением наблюдения осцилляций нейтрино.*

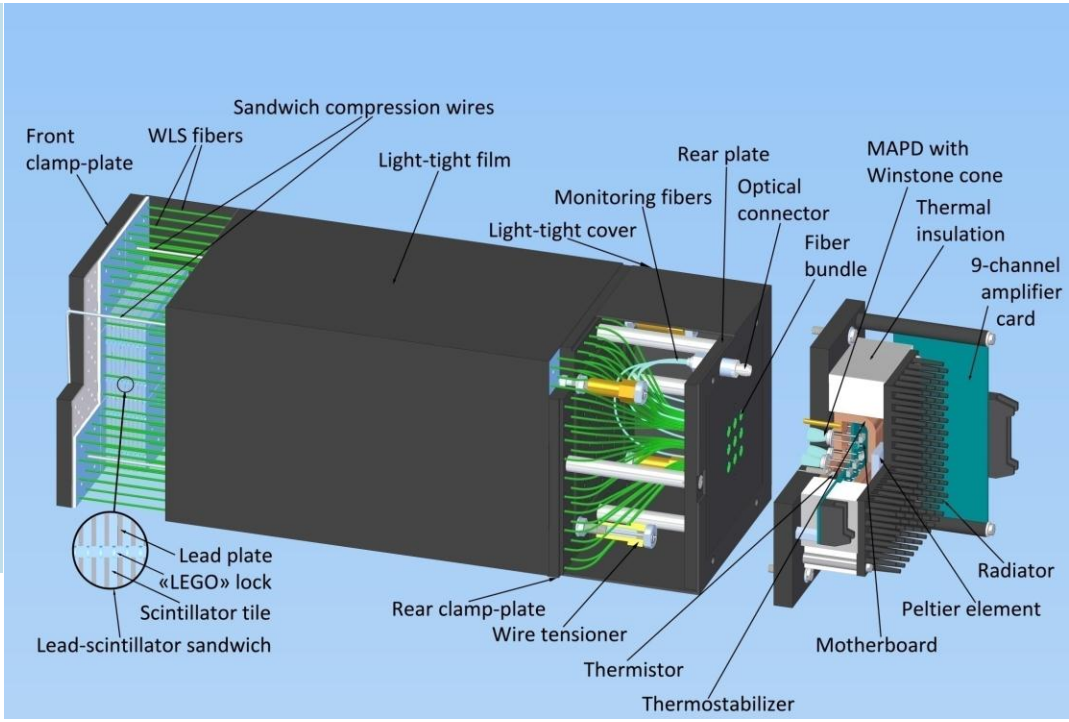
Электромагнитный калориметр COMPASS



- Эксперимент COMPASS (CERN, Швейцария) решение проблем квантовой хромодинамики (КХД), связанных как со структурой нуклона, так и с адронной спектроскопией. Новый, эксперимент COMPASS-II создает основу исследований последующих десятилетий с изучением и обобщением партонных распределений.
- Для осуществления данных экспериментов необходим электромагнитный калориметр ECAL0 перед первым магнитом (SM1) спектрометра.
- ECAL0 должен регистрировать прямые фотоны реакции DVSC в широком энергетическом диапазоне (0,2 - 30 ГэВ). и одновременно он должен иметь модульную структуру с размером ячейки 40×40 мм^2. Фотодетекторы калориметра не должны быть чувствительными к магнитному полю, поскольку ECAL0 расположен вблизи магнита SM1.

Конструкция модуля ЭМ калориметра типа "Шашлык" для COMPASS II

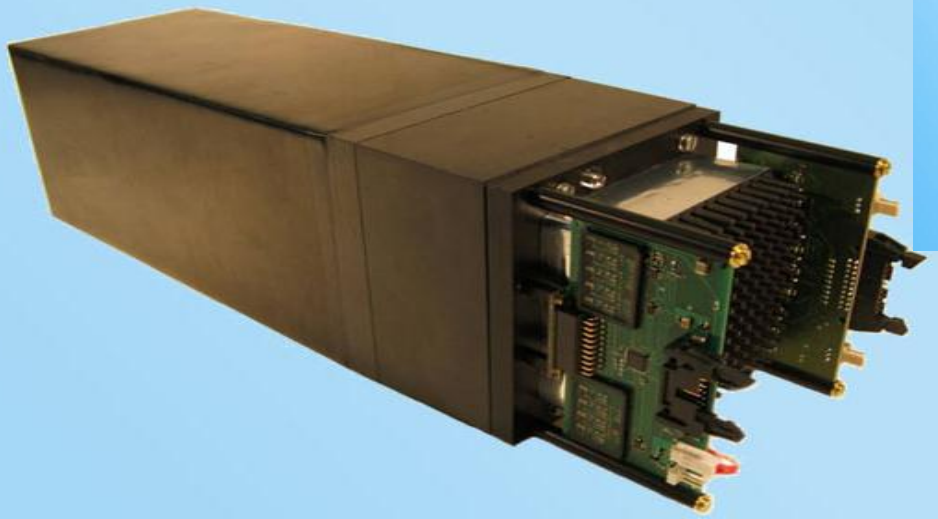


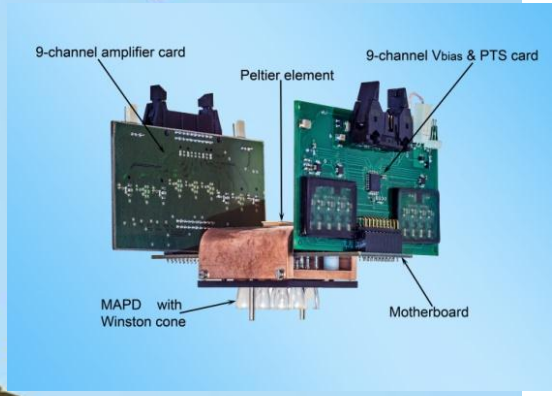


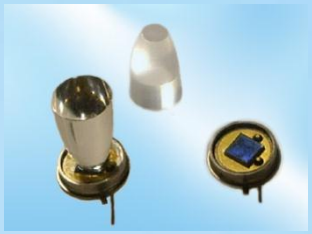
Основное требование – энергетическое разрешение не менее 8%.
Данное требование обеспечивается, если толщина сцинтилляционный пластины t_{act} = 1,5 мм при толщине абсорбера 0,8 мм.

- В результате была предложена конструкция регистрирующей части калориметрического модуля
- Для ее реализации было разработана технология производства калориметрических модулей в ИСМА НАНУ

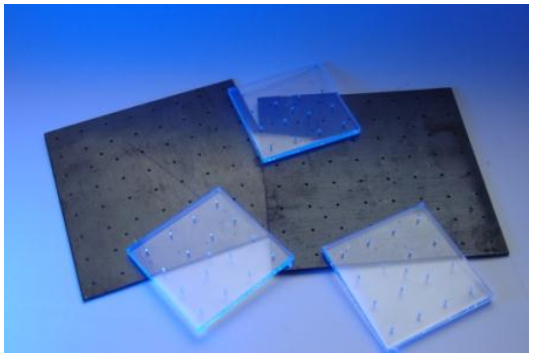
Конструкция модуля ЭМ калориметра типа "Шашлык" для COMPASS II

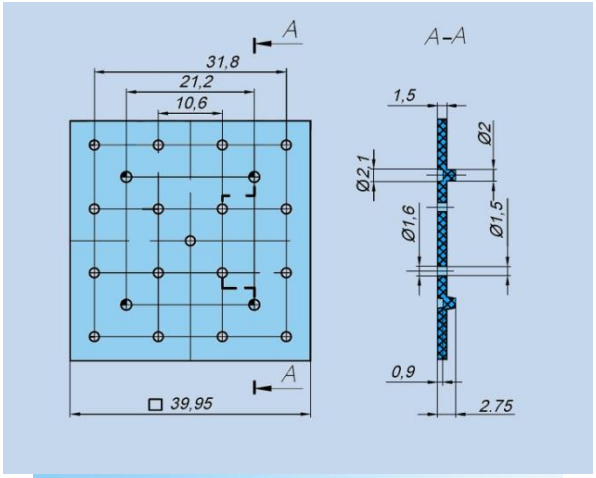






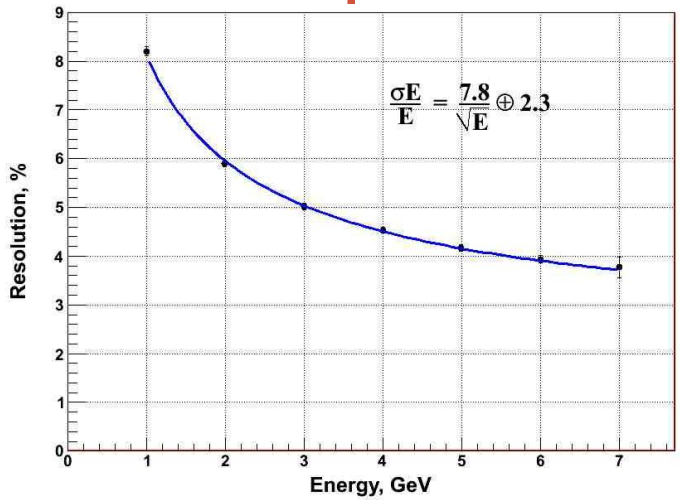
Производство калориметрических модулей





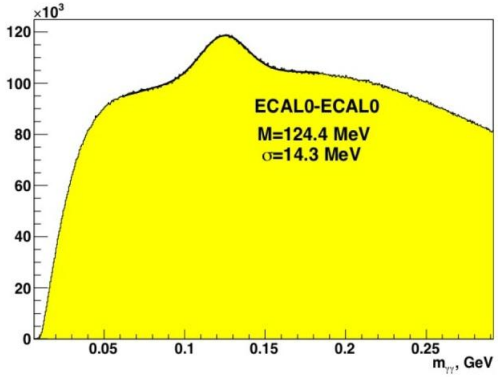
- Изучение особенностей светосбора в перфорированном тайле позволило оптимизировать состав полимерной основы пластмассового сцинтиллятора
- Реализована технология производства перфорированных тайлов и свинцовых пластин, сборки калориметрических модулей.
- Произведена первая партия для тестирования работоспособности калориметрических модулей – 100 шт.
- Потребность проекта NICA/MPD – 6000 шт.

Тестирование модулей на COMPASS



Energy resolutions of the ECAL0 3×3 module matrix readout by the MAPD at T=15° C versus the electron beam energy.

ECAL0: π^0 – peak correction



Taking into accout amplitude variance and non-lineary the peak position have to be multiplied by a factor of 1.073
So, 124.4 MeV*1.073 = 133.5 MeV

Монтаж калориметра

Основной результат по COMPASS

- *Впервые разработан калориметрический модуль с уникальной приемной оптической системой с использованием многопиксельных лавинных фотоприемников, способный работать в сильных магнитных полях*
- *Продемонстрирована работоспособность нового поколения калориметров для работы в условиях сильных магнитных полей на установке COMPASS.*

Благодарности от коллабораций CDF, OPERA и COMPASS

Fermilab

Fermi National Accelerator Laboratory
P.O. Box 500 • Batavia, Illinois • 60510-0500

Academician Boris V.Grinyov
Chief Research Advisor ISMA NAS Ucraine

Highly respectable academician B. Grinyov!

The Central Detector Facility (CDF) is one of the world most unique detector specially designed and created for heavy quark physics study on Tevatron of the Fermi National Accelerator Laboratory. For decades, prior to the LHC start in Geneva the Tevatron remained the world highest energy machine with colliding protons and antiprotons (matter + antimatter).Tevatron brought unique discoveries of particle properties and these data are included in the world famous Particle Data Properties.

Headed by J. Budagov the JINR (Dubna) group (A. Artikov, J. Budagov, I. Chirikov-Zorin) was one the key contributors to the world widely recognized CDF achivments. To be specific JINR group made a very significant contribution to the CDF Muon System Upgrade during 1998-2002 years and support this system till 2012.

Muon system at CDF RUN II consists of the drift chambers and scintillation counters. The drift time of drift chambers exceeds the time between $p\bar{p}$-collisions and the fast scintillation counters help to determine the required events among the many ones registered by the drift chambers. The Muon System at CDF contains about 1200 scintillating counters with length up to 3.2 m and consists of the scintillation counters using Plexiglas light guide with large PMT and of the new scintillation counters employing the WLS fiber readout technique with small PMT. Physicists of JINR group constructed most of the new counters based on ***Ukraine UPS 923 A*** scintillator.

The new generation scintillating counters R&D were started by JINR/Dubna and INFN/Pisa at Pisa in the middle of the 90s. Mass production was made in Dubna during 1998-1999 on the unique specialized equipment designed by Dubna group. At that time Dubna group members made key contribution to manufacturing of scintillating counters and investigation of their properties.

Dubna group members made suggestive contribution to the installation of the muon scintillation counters to the CDF Muon System, power supply and readout systems start up and created a very reliable Slow Control system for on-line monitoring of the HV of the CDF muon scintillation counters. This system monitored these counters daily and alerts Muon Scintillator group in case of troubles.

On-line monitoring system and other control methods provide high efficiency work of muon scintillating counters system. This is very essential for CDF experiment because muons are present in heavy quarks decays. Effective registration of muons is of a principal significance and provides the high-precision measurement of top quark and W-boson masses, observation of new heavy baryon Ξ_b and $B_s - \overline{B}_s$ oscillations, prediction a Higgs boson with a mass in the region of 115 to 135 GeV and many others.

During the 2002-2008 years these are JINR group members who proposed, initiated and contributed strongly to the scintillating counters aging studies. Due to this investigation we knew what type of scintillating counters of the CDF Muon System will loose their efficiencies and should be replaced soon.

Since 2004 CDF uses new preshower (CPR2). JINR group members during short time provides the manufacturing about 3000 tiles based on ***Ukraine UPS 923 D*** scintillator with high light yield for this CPR. Dubna group members also have brought the dominant contribution to development of tiles mass production technology and methods of tiles selection.

Taking into account all the above, we confirm that detectors based on Ukraine scintillators at CDF were useful, reliable and resulted in obtaining of the high quality physical data.

Respectfully
L. Ristori, the CDF spokesperson

"___" March 18 2013

ORGANISATION EUROPEENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE
EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH

Laboratoire Européen pour la Physique des Particules
European Laboratory for Particle Physics
CH-1211 Geneve 23, Switzerland

Dr. Andrea BRESSAN
COMPASS Spokesperson

Telephone:
Direct: +41 (22) 767 6428
Telefax:
Direct: +41 (22) 766 9333
Electronic mail: Andrea.Bressan@cern.ch

To: The Chief Research Advisor of the
Institute for Scintillation Materials (ISMA)
National Academy of Sciences of Ukraine
Academician Boris V. Grinyov

Geneva, March 20, 2013

Dear Colleagues,

More than 10 years ago, the COMPASS experiment at CERN was conceived as "Common Muon and Proton apparatus for Structure and Spectroscopy", capable of addressing a large variety of open problems in both hadron structure and spectroscopy. The recently approved phase-II of the experiment lays the ground for another decade of fascinating studies of nucleon structure. The new measurements will be performed also including a new electromagnetic calorimeter, ECAL0, capable of detecting photons in the wide energy range (0.2÷30 GeV) and at large angles. ECAL0 will allow COMPASS to exploit the fundamental large x_{Bj} region of the DVCS measurement.

The design of ECAL0 has been performed by teams of JINR and ISMA; development of module prototypes and readout systems was finished in 2012 with a proper choice. Following this a large scale production and assembly of elements were setup at ISMA, including:

- Production of high quality plastic scintillating tiles and precise lead tiles,
- Fibers processing,
- Production of the light concentrating Winston cones,
- Production of the photo-detection part based on the novel technique of silicon avalanche detectors,
- Final assembly of modules, quality tests…

As a result, the new generation high granularity "Shashlyk"-type electromagnetic calorimeter designed by JINR and ISMA is on its way for the full construction at ISMA and JINR, in collaboration with Polish groups (WUT, Warsaw), German groups (TUM, Munich and Physikalisches Institut, Frieburg), French (CEA,Saclay) and CERN groups, with the support of the whole COMPASS collaboration.

As a final remark on this development, I would like to express the fact that the JINR and ISMA teams have performed an excellent work in designing and setting up the production of ECAL0 detector for the COMPASS phase-II. The use of many innovative materials and procedures along with the flexibility of the design will allow applying this development in many other applications.

Sincerely yours,

Dr. Andrea BRESSAN
(Spokesperson of the COMPASS Collaboration)

IPHC
Institut Pluridisciplinaire Hubert CURIEN
STRASBOURG

M. Dracos
Strasbourg, 19/03/2013

To:: Academician Boris GRINYOV
Chief Scientific Advisor of ISMA
(Institute for Scintillation Materials)
National Academy of Sciences of Ukraine

Dear Boris,

Last year OPERA experiment has successfully finished data taking in the CERN Neutrino beam to Gran Sasso Laboratory in Italy. There is a long way of data processing ahead of us but already at this stage we can confirm that all systems of the experiment have demonstrated good performance.

As you know OPERA apparatus is a very challenging set of different detection techniques and one of the important systems is the Target Tracker (TT) electronic detector made of scintillating strips produced at the Institute of Scintillating Materials (ISMA, Kharkov, Ukraine). The volume of TT is very large (about 70t of plastic scintillating material) and it was very important to develop robust and reliable production technique. This goal was successfully achieved by ISMA in collaboration with the JINR (Dubna).

According to the European rules an International tender was organized and ISMA was chosen on the basis of quality (light yield, transparency and stability), optimum cost and reliability among the other possible producers. During the initial period the full production chain was setup including bulk polymerization of scintillating plastic material, co-extrusion, partial machining and quality control of the 7m long strips. In total more than 32 000 such strips were produced and successfully delivered to the experiment.

During the years of OPERA data taking Target Tracker has demonstrated excellent performance with no significant degradation of the scintillating material at such level that the TT could still be used by other future experiments. All these put ISMA in the list of best scintillating materials producers worldwide.

Thank you for this excellent work.

Best regards,

Dr. Marcos Dracos
Director of Researches
OPERA Target Tracker project leader
IPHC-IN2P3/Université de Strasbourg

B.P. 28 - F 67037 STRASBOURG Cedex 2
- Téléphone (0033)0388106370 - Secrétariat (0033)0388106640 - Télécopieur (0033)0388106234
email: Marcos.Dracos@in2p3.fr

Выводы

- Разработанные и созданные детектирующие устройства на основе пластмассовых сцинтилляторов показали свою работоспособность на крупнейших мировых установках физики высоких энергий.
- Благодаря им получены важнейшие физические результаты:
  - обнаружен топ-кварк,
  - измерены массы Z- и W-бозонов,
  - обнаружены события подтверждающие существование явления осцилляции нейтрино…
- Разработанные калориметрические модули показали свою возможность работы в магнитном поле и прошли успешную апробацию на установке COMPASS-II.
- Обще количество работ:
- 2 монографии, 125 статей, 20 патентов
- Индекс цитирования (Хирша) - 53