

*Школьный проект*

*Часть 1*

Регистрация космических  
лучей на поверхности Земли.

Изучение широких  
атмосферных ливней

# Инициаторы

- Янсон Эдуард Евгеньевич (МИФИ)  
тел 8 916 985 2701  
mail [yanson-edu@yandex.ru](mailto:yanson-edu@yandex.ru)
- Богданов Алексей Георгиевич (МИФИ)  
тел  
mail [alekb@rambler.ru](mailto:alekb@rambler.ru)

# Космические лучи

Космические лучи – обычные элементарные частицы и ядра атомов, образовавшиеся и ускоренные до высоких энергий в глубинах Вселенной.

Космические лучи были открыты в 1912 г. австрийским физиком Виктором Гессом. С тех пор было сделано много открытий, связанных с космическим излучением, но остаётся ещё и немало загадок.

Физика космических лучей изучает:

- процессы, приводящие к возникновению и ускорению космических лучей;
- частицы космических лучей, их природу и свойства;
- явления, вызванные частицами космических лучей в космическом пространстве, атмосфере Земли и планет.

образование космических лучей в  
Галактике (взрывы Сверхновых звезд)

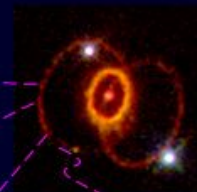
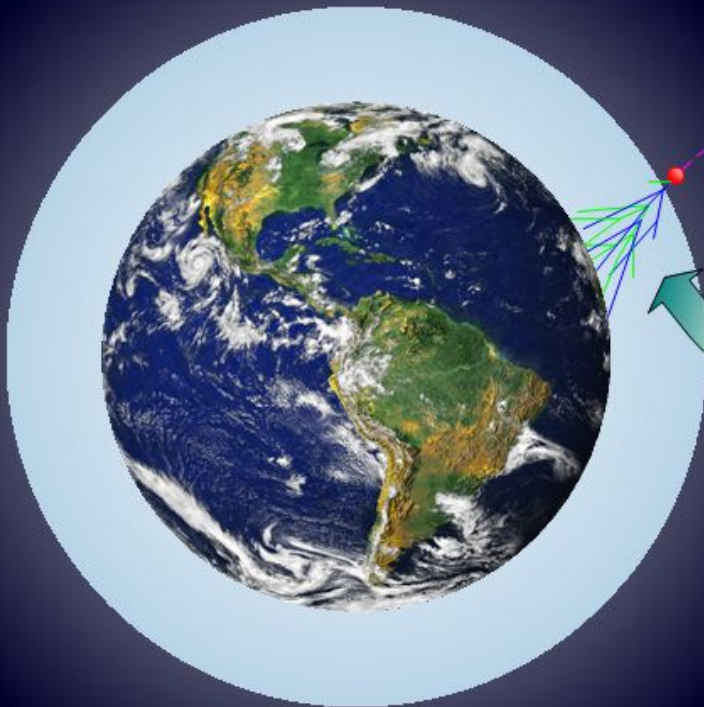
Солнце

прохождение космического  
излучения через межзвездное  
пространство и ускорение частиц

космические лучи – поток  
протонов, ядер атомов

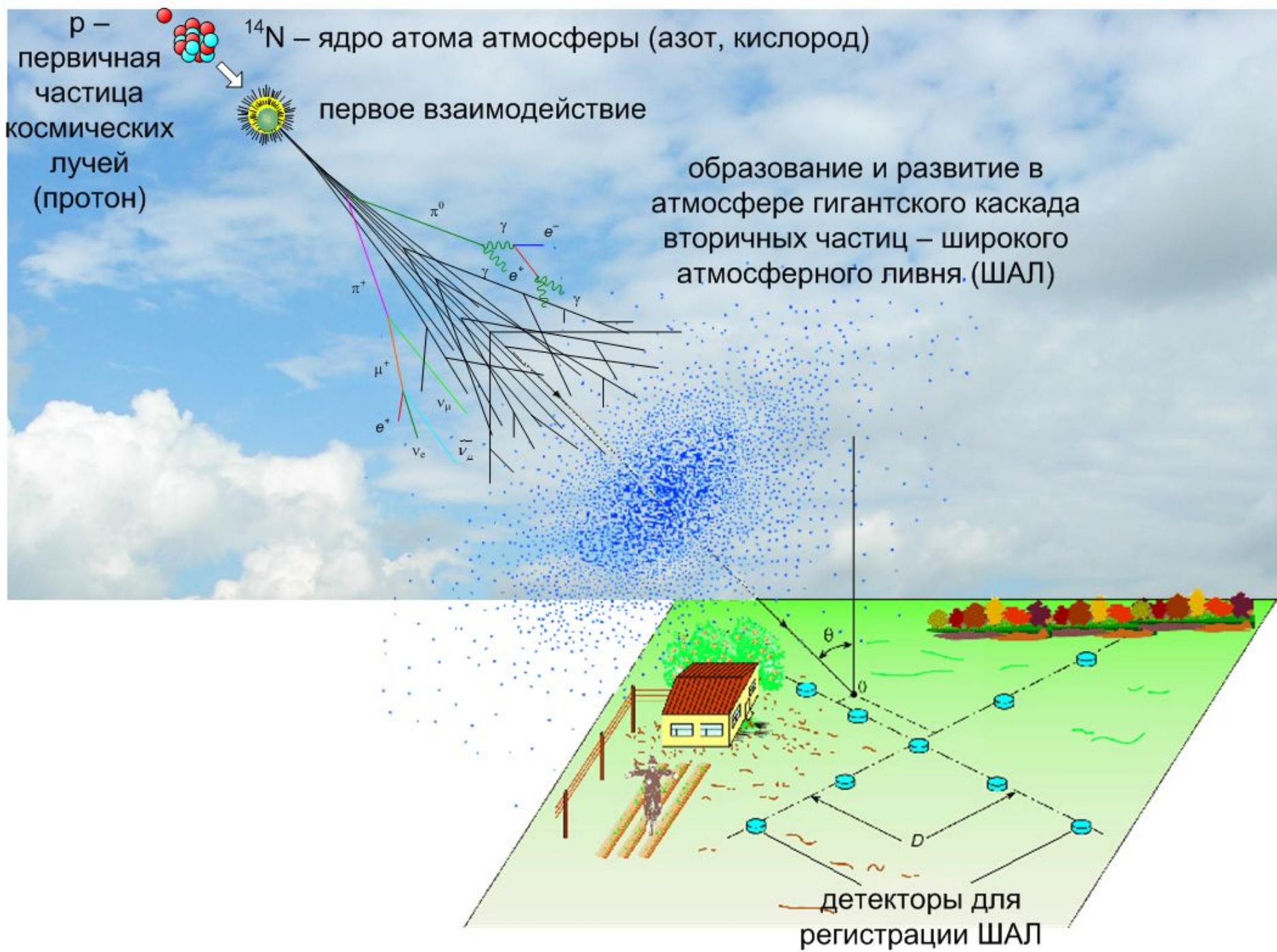
прохождение первичных частиц  
космических лучей через атмосферу  
– образование вторичных частиц

Земля и ее атмосфера



# Широкие атмосферные ливни

- В результате взаимодействия с ядрами атомов атмосферы первичные космические лучи (в основном протоны) создают большое число вторичных частиц – пионов, протонов, нейтронов, мюонов, электронов, позитронов и фотонов. Эти частицы распадаются или, в свою очередь, взаимодействуют, образуя другие частицы. Таким образом возникает каскад из большого числа вторичных частиц, который называется широким атмосферным ливнем. Ливни частиц были открыты в 1938 г. французским физиком Пьером Оже
- Существуют достаточно простые “виртуальные” и экспериментальные инструменты для изучения частиц космических лучей.



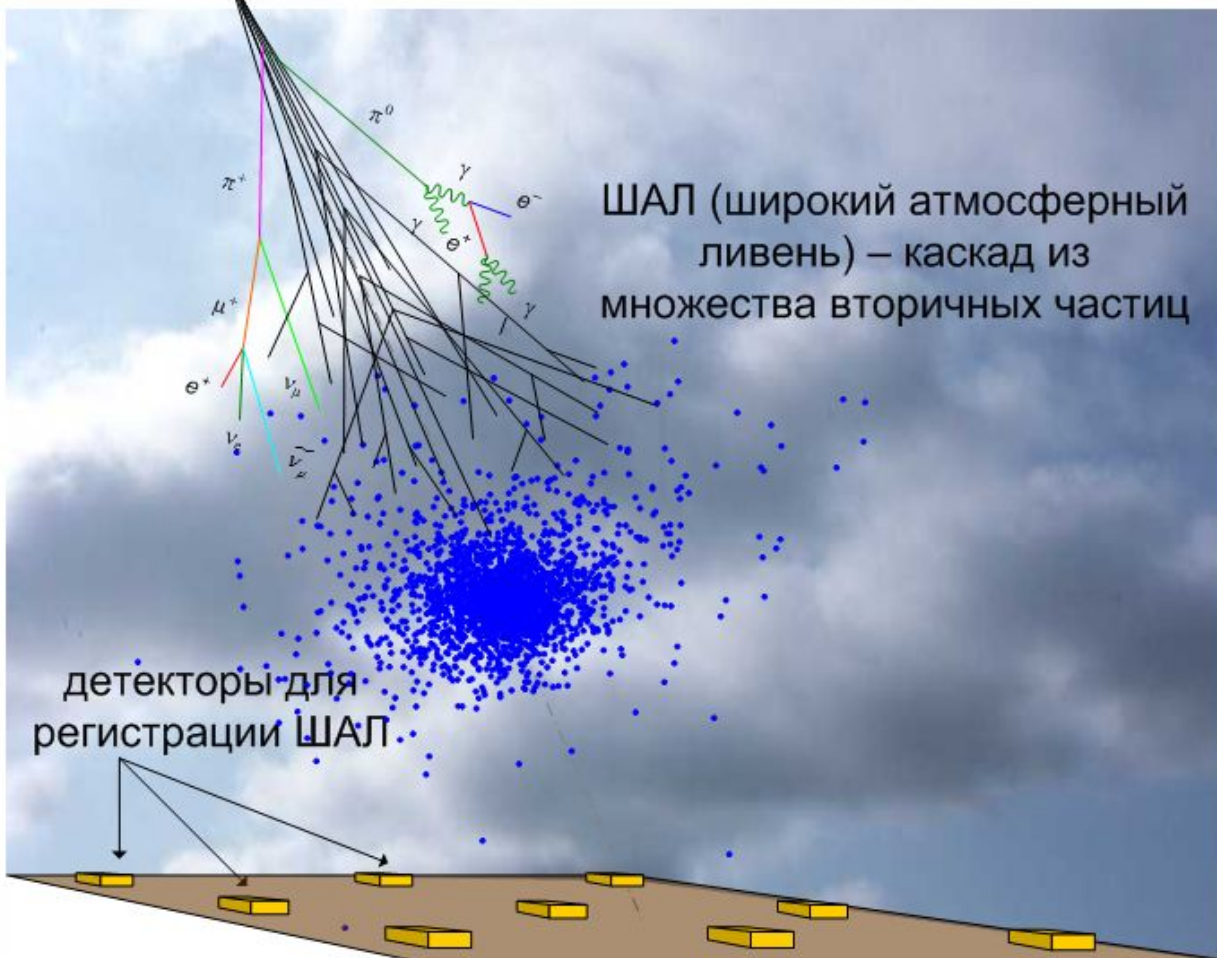
● первичная частица космических лучей (протон)



ядро атома атмосферы (кислород, азот)



первое взаимодействие



# Подобные проекты

- Сейчас во многих странах быстро развиваются сети детекторов для регистрации частиц космических лучей с привлечением школьников и учителей.



# North American Large area Time coincidence Arrays

<http://csr.phys.ualberta.ca/nalta/>



Коллаборация групп экспериментаторов из Канады и США, занимающихся исследованиями в области физики космических лучей высоких энергий



CHICOS – California High school Cosmic ray ObServatory. Детекторы космических лучей около Chaminade Middle School.

# SEASA - Stockholm Educational Air Shower Array

<http://www.particle.kth.se/SEASA/>



Сцинтилляционные детекторы  
HiSPARC, Нидерланды  
<http://www.hisparc.nl/>



Детекторы космических лучей на крыше  
AlbaNova University Centre, Швеция,  
Стокгольм

# Berkeley Lab Cosmic Ray Detector



\$1500-2700

# Российские проекты?

- Научно-образовательный космический проект Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова “МГУ-250” приурочен к его 250-летию. Его основная задача – научная и образовательная деятельность на основе экспериментальных данных с малых космических аппаратов (<http://cosmos.msu.ru/>)
- интернет-проект “Ливни знаний” ОИЯИ, Дубна <http://livni.jinr.ru/index.php>

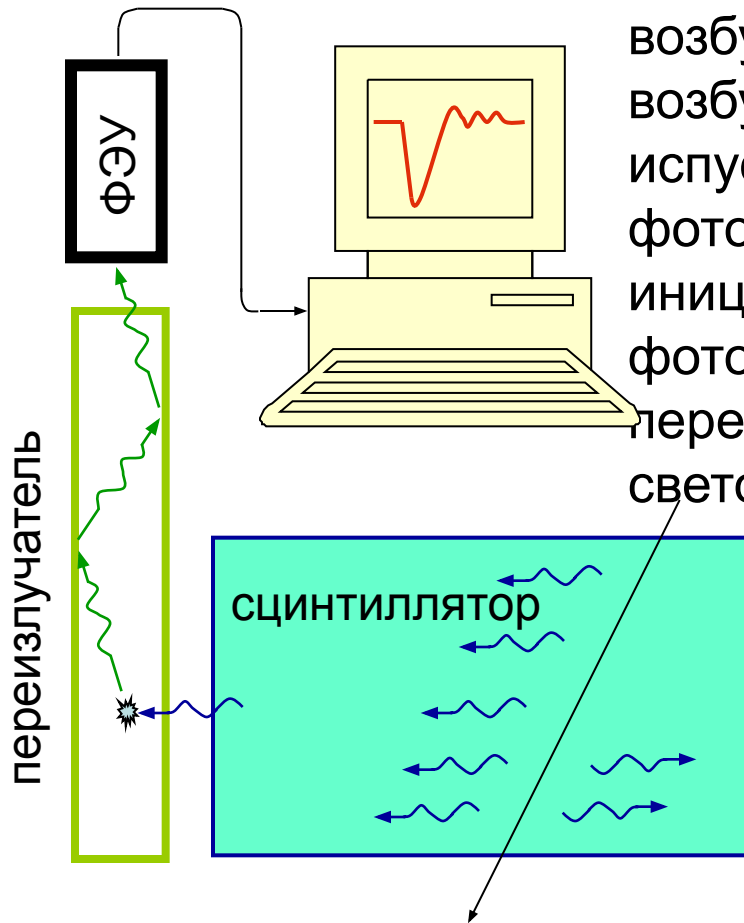
*Школьный проект*

*Часть 2*

**Сцинтилляционный детектор  
для регистрации  
широких атмосферных  
ливней**

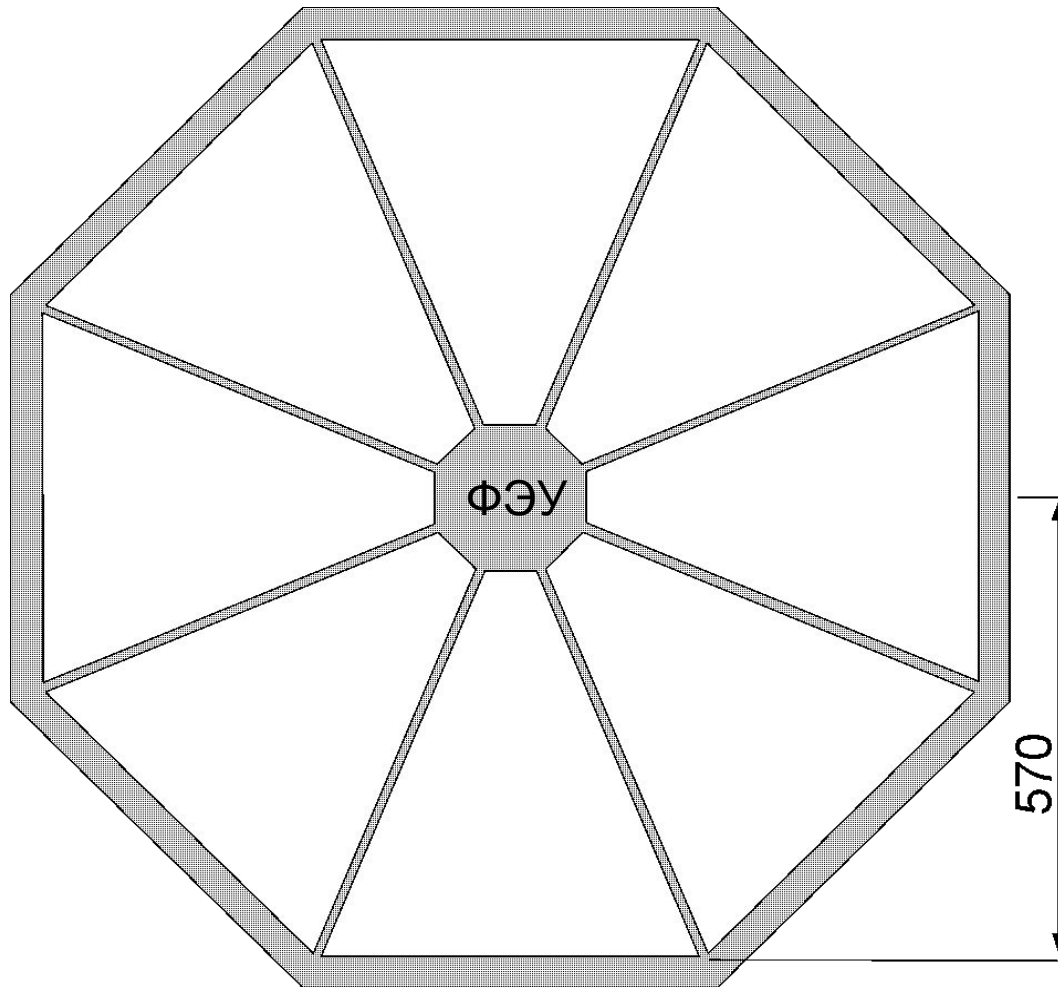
# Принцип работы сцинтилляционного детектора

Частица космического излучения (мюон или электрон), попадая в сцинтиллятор, возбуждает атомы вещ-ва. Данное возбуждение сбрасывается путем испускания фотона. Сцинтилляционные фотоны дошедшие до переизлучателя инициируют испускание переизлученных фотонов, которые, распространяясь по переизлучателю, достигают окна светочувствительного элемента – ФЭУ.



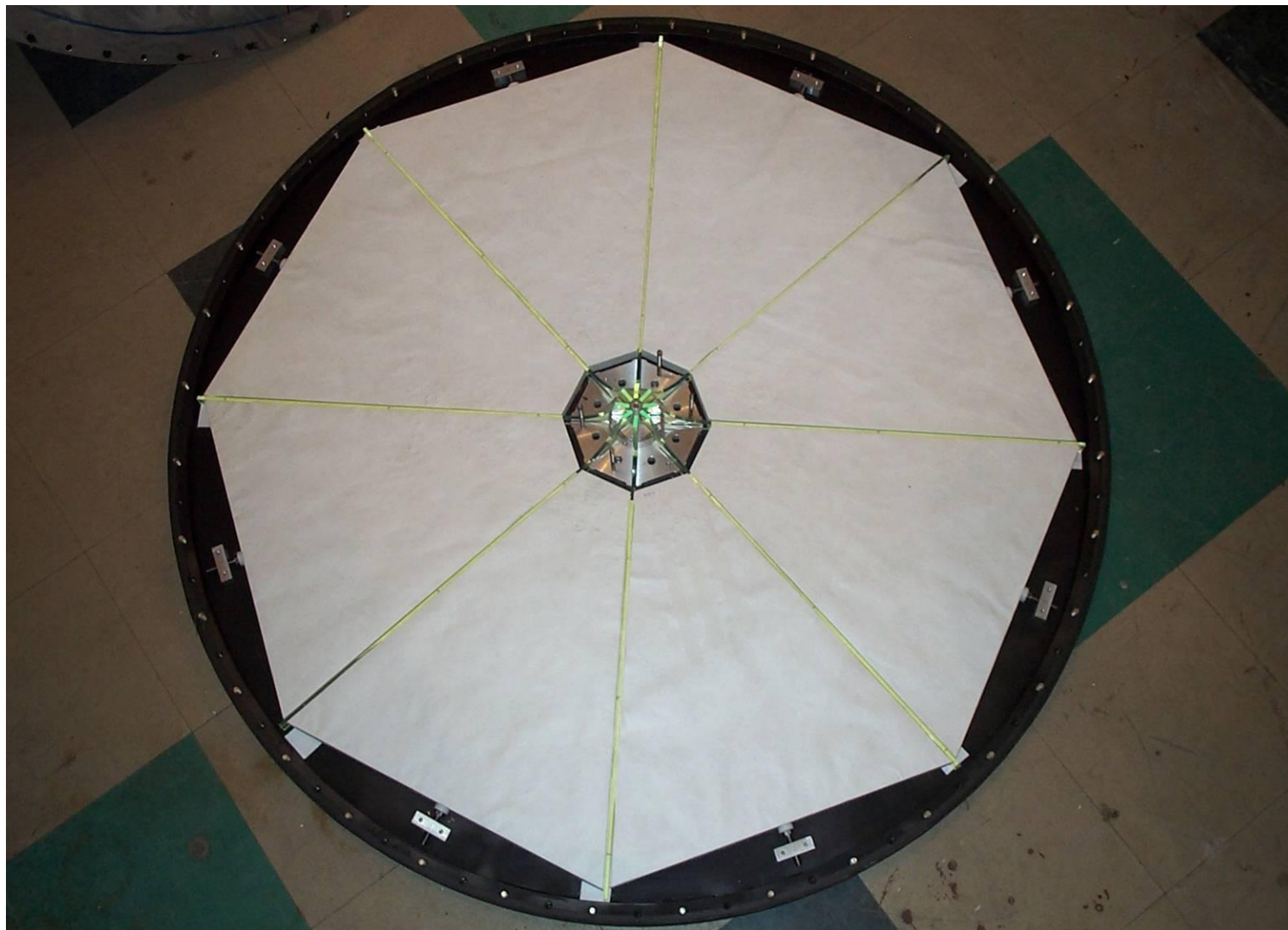
ФЭУ – фотоэлектронный умножитель. Это прибор для регистрации фотонов. Если на входное окно попадает фотон (лучше сотня фотонов), то на выходе появляется электрический импульс.

# Схема сцинтиляционной сборки детектора



- 8 секторов из сцинтиляционного пластика
- 8 зафиксированных между секторами переизлучателей
- Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) располагается в центре сборки

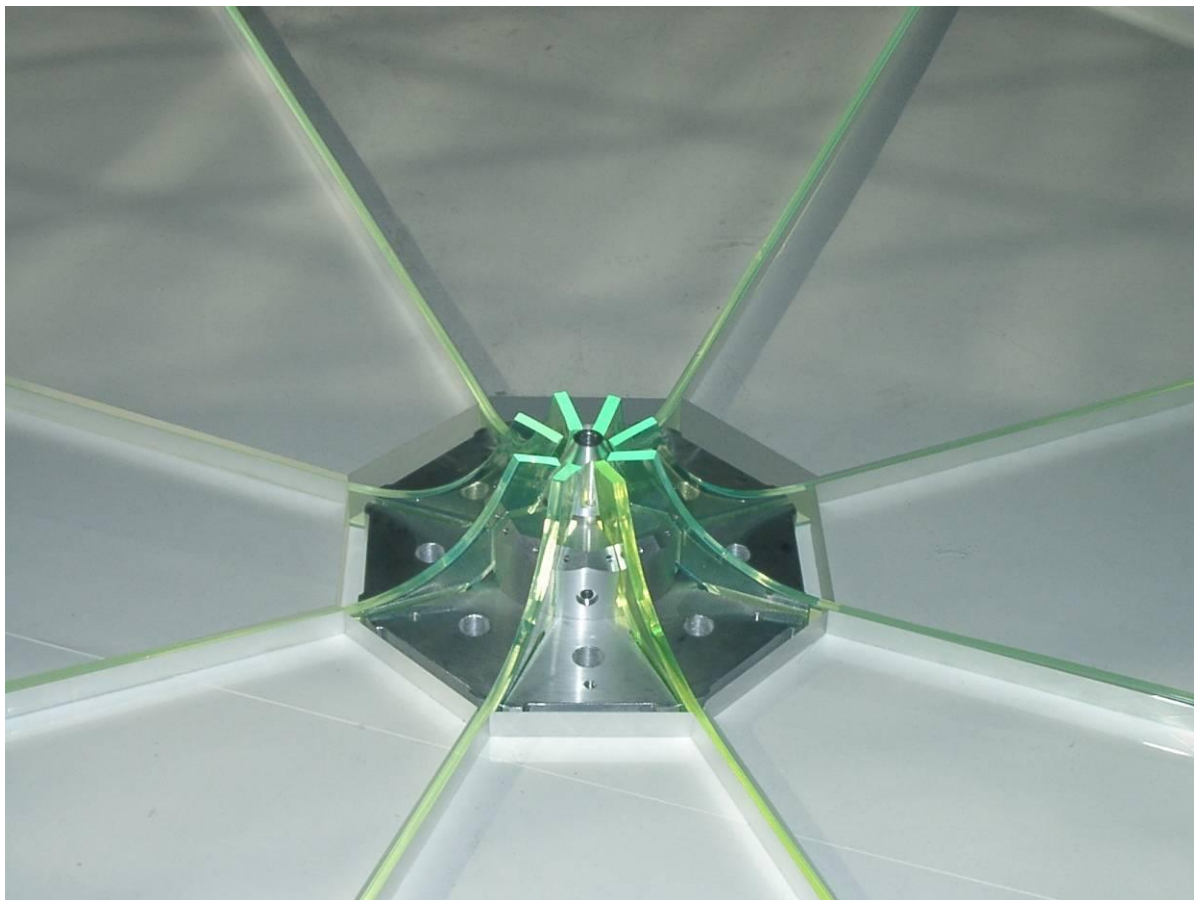
# Сцинтилляционная сборка





# Сцинтилляционная сборка

Цетральная часть



Центральное расположение ФЭУ позволяет получить достойные характеристики детектора.

# Переизлучатели



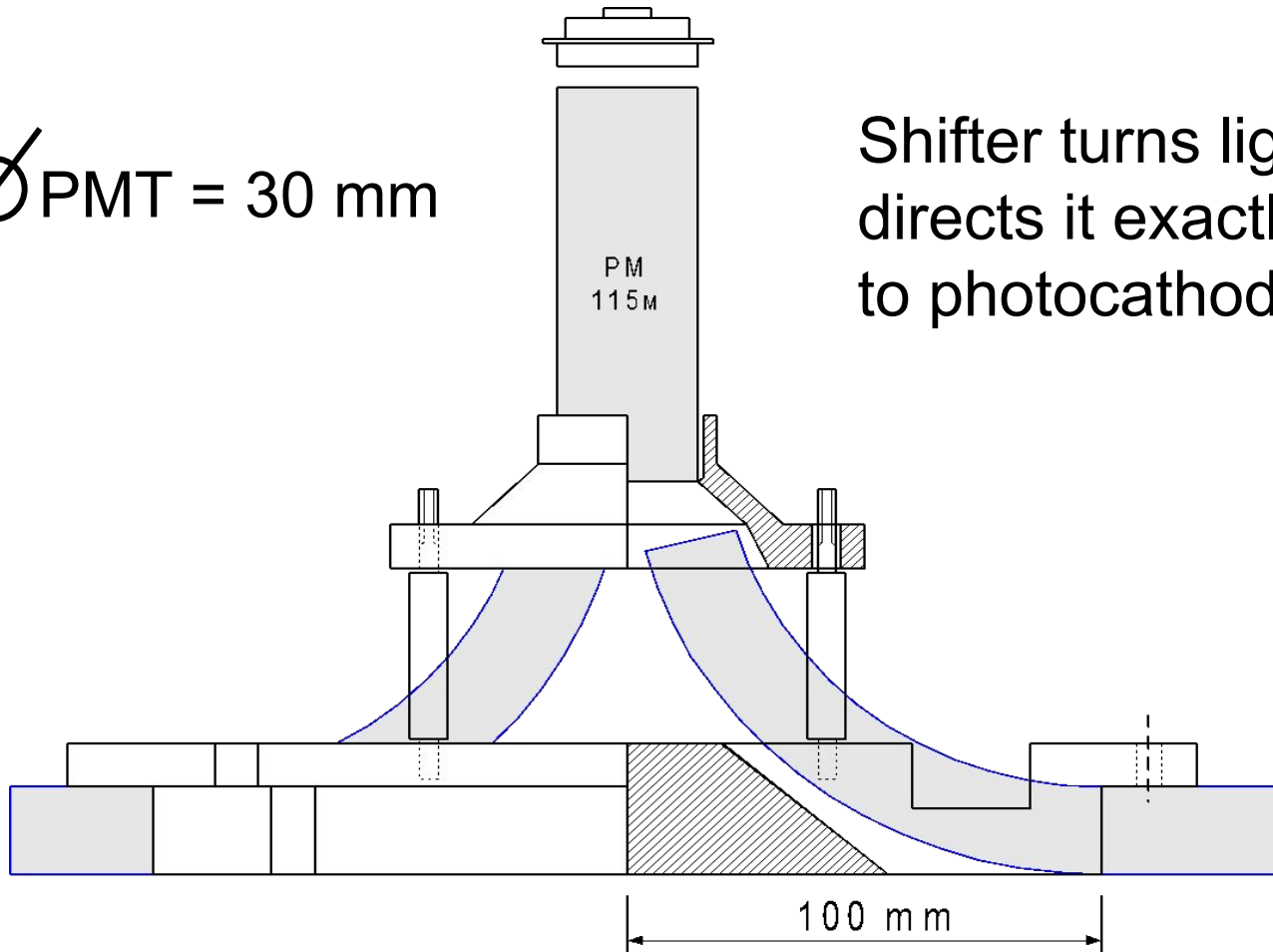
# Ливневой детектор

- Сцинтилляционная сборка 1 кв.м.
- Толщина пластика 20 мм.
- Используются световоды-переизлучатели.
- Электроника детектора состоит :  
блок связи с центральной машиной;  
преобразователя заряд → цифра;  
преобразователя время → цифра.
- Система термостабилизации.
- Вес детектора ~ 70 кг. Может располагаться на земле или на крыше здания.

# Схема светосбора

$\varnothing$  PMT = 30 mm

Shifter turns light and directs it exactly to photocathode



# Система температурной стабилизации

Система термостабилизации обеспечивает постоянную температуру внутри детектора вне зависимости от времени года или перепадов температуры день - ночь. Т.е. температурный фактор не влияет на точность измерений детектора (амплитуда сигнала, момент срабатывания). Система термостабилизации состоит из:

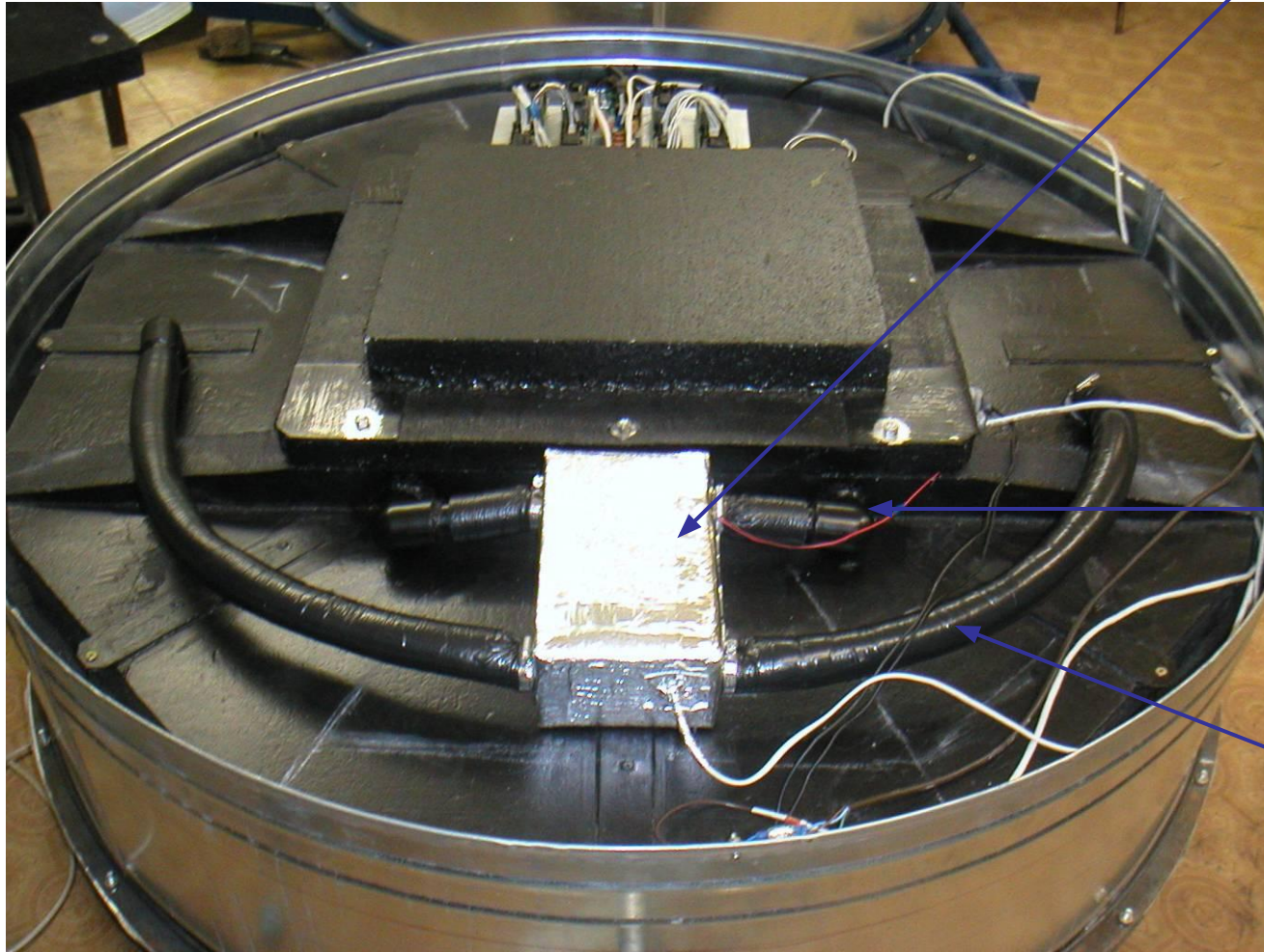
- Термоизоляционный бокс из пенопласта.
- Два термодатчика.
- Управляемый нагреватель.

# Термоизоляционный бокс



- Жесткий пенопласт
- Толщина стенок ~ 7 см

# Термобокс в сборе

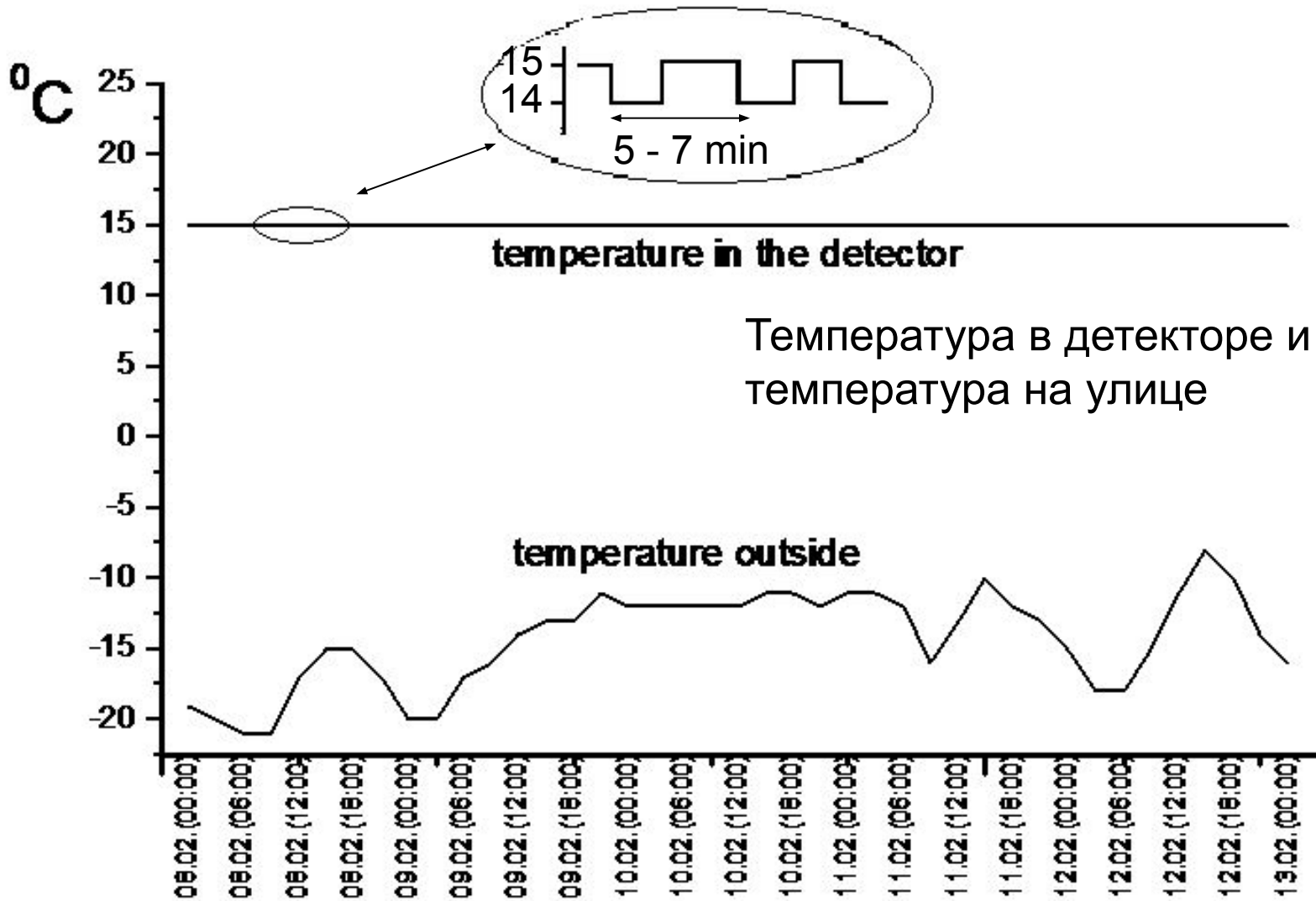


Здесь  
холодный  
воздух  
нагревается и  
прокачивается  
обратно в  
детектор

Термотрубка  
для холодного  
воздуха

Термотрубка  
для горячего  
воздуха

# Термостабилизация в действии.





# Электроника детектора

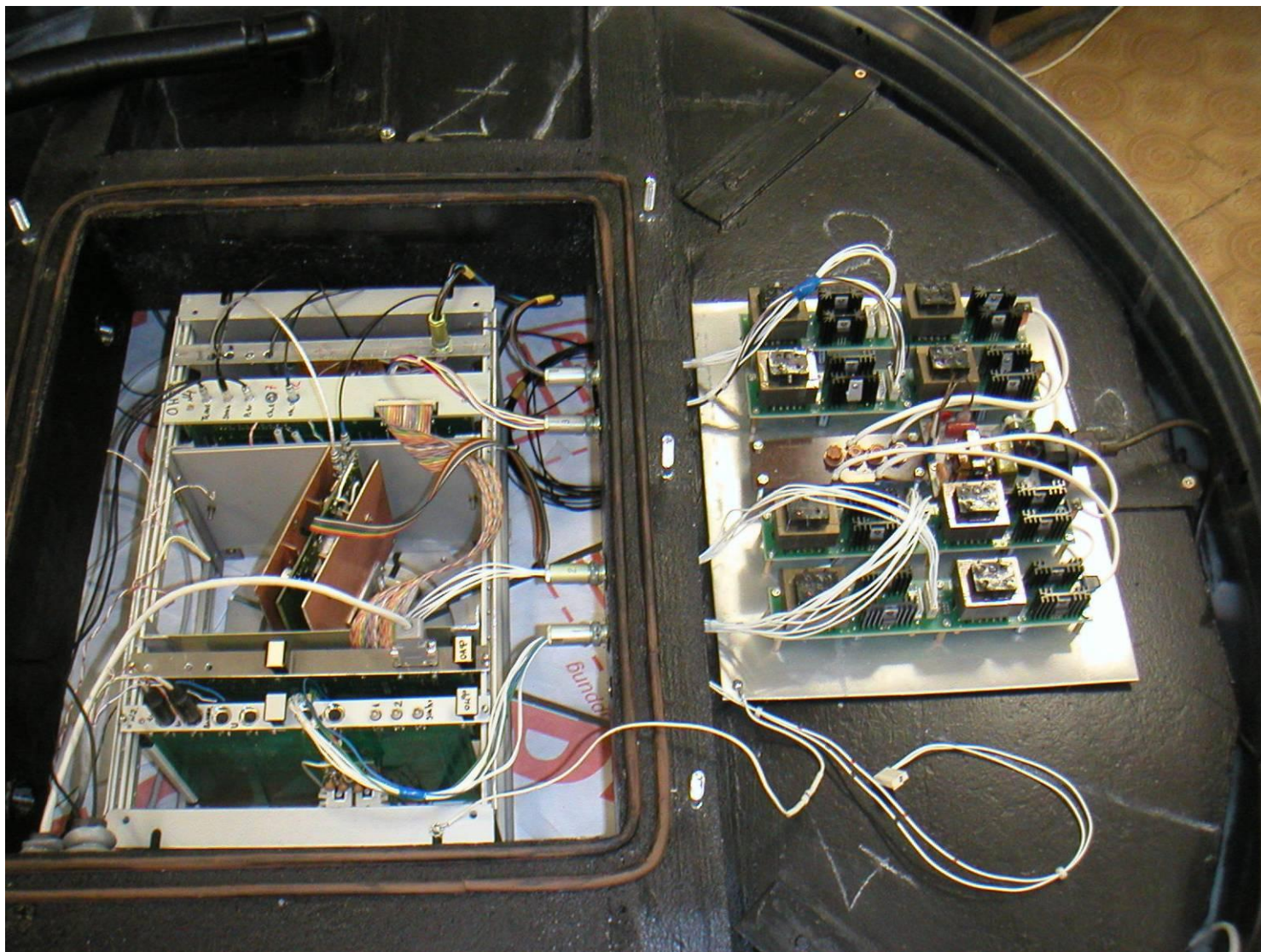
Собственная электроника детектора обеспечивает:

- Регистрацию частиц космического излучения;
- Мониторинг температуры в детекторе;
- Калибровку измерительной части.

Электроника детектора состоит из блоков:

- Контроллер (microcontroller 8051);
- Преобразователь заряд → цифра (12-bit QDC);
- Преобразователь время → цифра (12-bit TDC);
- Термодатчик;
- Система калибровки;
- Высоковольтный преобразователь (для ФЭУ);
- Триггер первого уровня;
- Коммуникационная система (CAN-open стандарт).

# Электроника детектора



# Детектор на улице



Внешний корпус – 0.7 мм оцинковка

Коммуникационный кабель

Детектор может работать на расстоянии до 1 км от центрального компьютера

# Методика регистрации ШАЛ

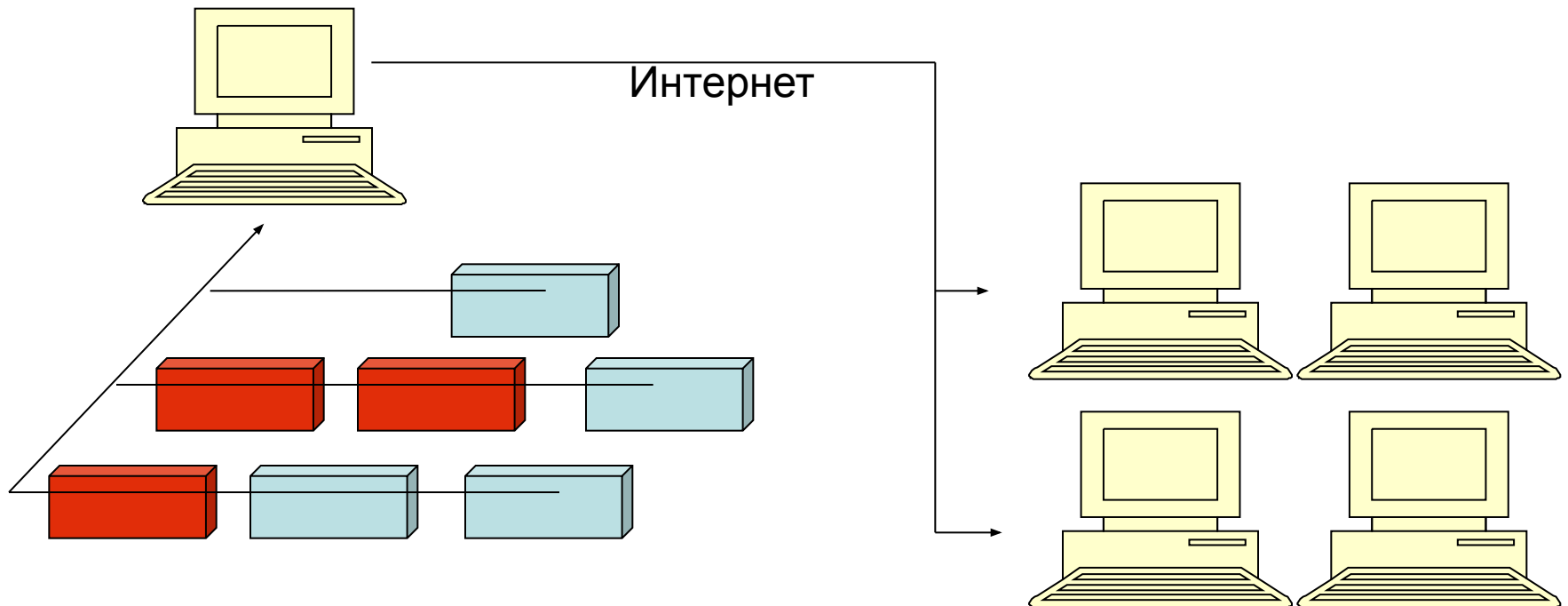
Стандартная методика регистрации Широких Атмосферных Ливней (ШАЛ) предполагает систему ливневых детекторов включенных в схему совпадений, т.е. одновременно сработавшие детекторы свидетельствуют о наличии ШАЛ.



# Школьный проект. Вариант 1

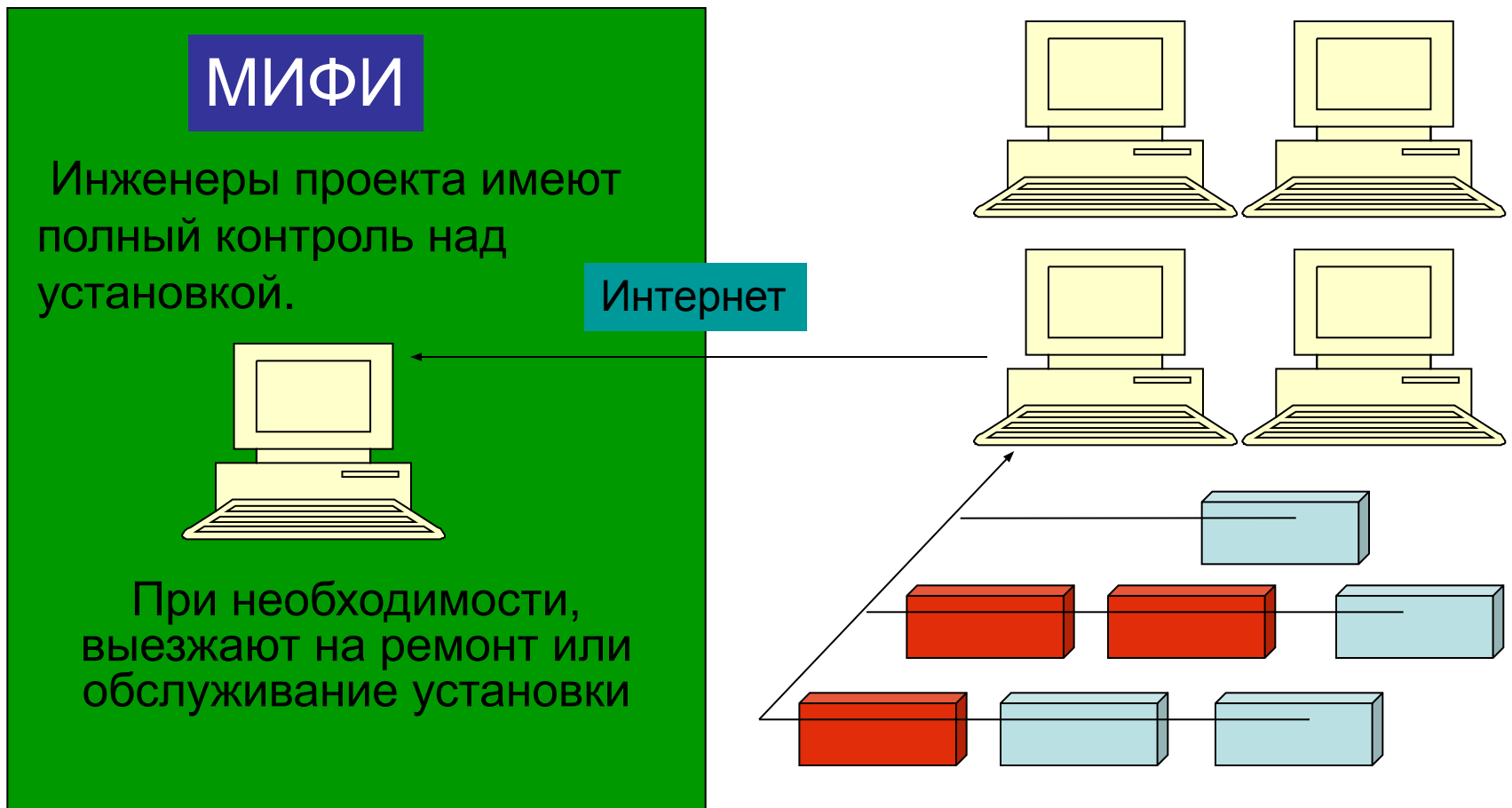
Ливневая установка расположена в институте (например в МИФИ)

Школа имеет полный доступ к установке и настройкам детекторов через Интернет. На мониторах учеников отображается такая же информация, что и на центральной машине ливневой установки. Можно выполнять исследовательские работы.

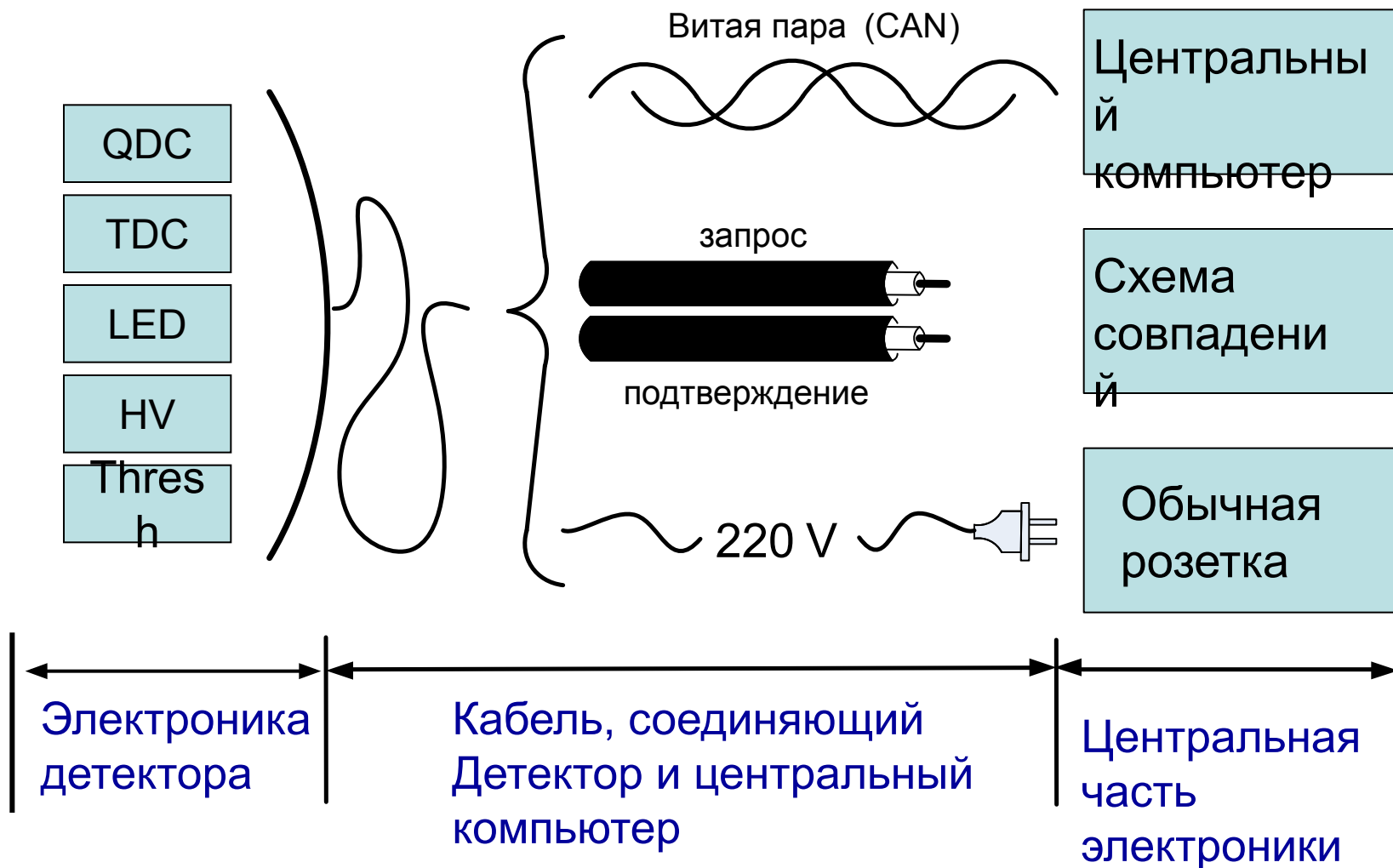


# Школьный проект. Вариант 2

Ливневая установка расположена в школе. Можно выполнять исследовательские работы.



# Коммуникации





# Центральная часть электроники ливневой установки

Центральный компьютер.  
WinXP

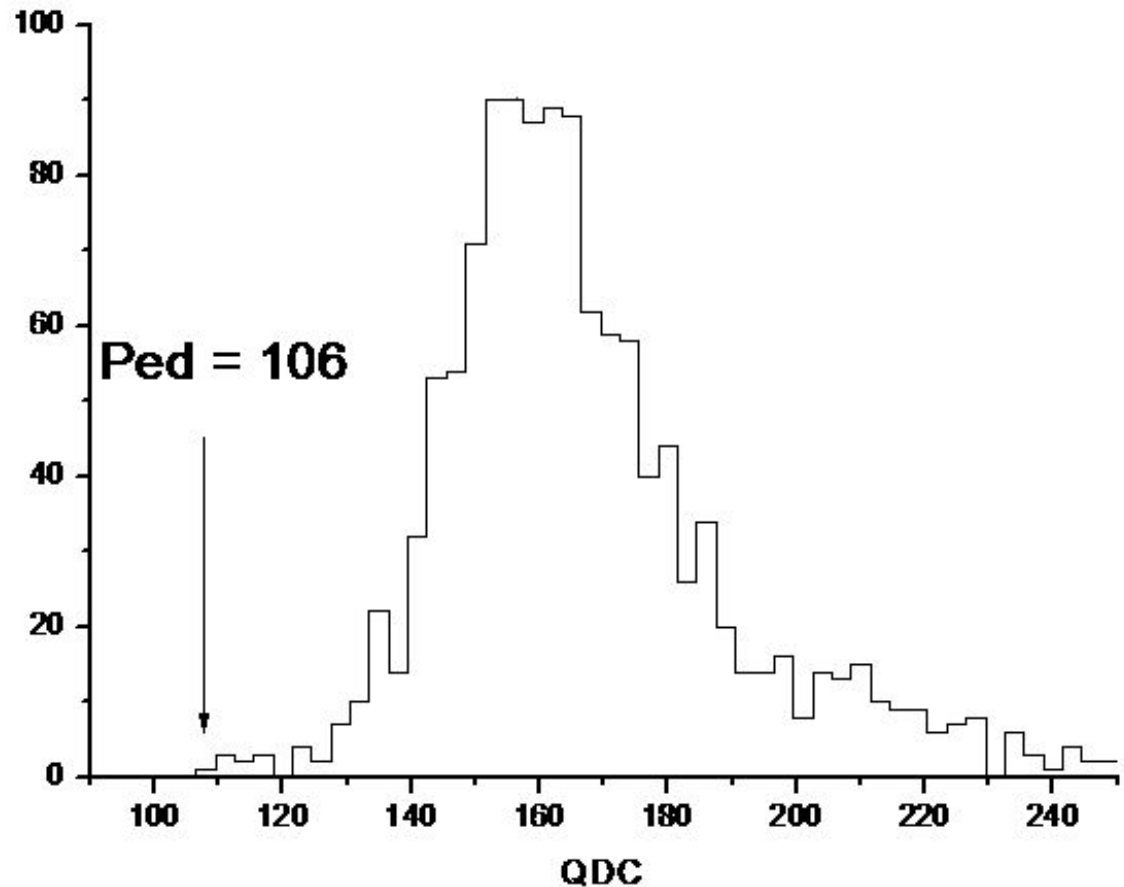
Схема совпадений  
FreeDOS

Одна такая стойка  
позволяет обслуживать  
до 48 детекторов.



# Данные с детектора (калибровка)

Как одно из  
заданий для  
школьников.  
Спектр сигналов с  
детектора при  
регистрации  
одинокых  
мюонов  
космических  
лучей



# *Школьный проект*

## *Часть 3*

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Что (собственно) предлагается для реализации (и в процессе реализации) школьного проекта по изучению широких атмосферных ливней

# Где размещать?

## 1. Установка вариант 1 (от 500 тыс руб в год)

Детекторы нааходятся в МИФИ (или др точке). Вся исследовательская (школьниками) работа осуществляется через Интернет. Ученики получают доступ к настройкам детекторов установки, к файлам выходных данных и данным мониторинга.

## 2. Установка вариант 2 (минимум 2 млн рублей)

Детекторы в ДАННОЙ школе; школьники могут получить полный доступ к настройкам ливневой установки, но при этом установка контролируется (через интернет) инженерами проекта. Размещение детекторов проводится по согласованию со школьной администрацией, пожарной охраной и прочими службами. Возможные варианты размещения:

- На крыше школы;
- На территории;
- В помещении.

# Учебный процесс

## 3. План занятий

- Лекции по физике космических лучей (частиц) (3 – 10 часов за учебный год) (проводят инженеры проекта);
- Лекции об устройстве детектора (упрощенная модель) (3 – 10 часов за учебный год) (проводят инженеры проекта);
- Лабораторные работы (ученики + инженеры проекта)
- Самостоятельные работы (ученики) (рефераты, доклады .....
- Практическая работа (например: домики для детекторов)

# Интерес

## 4. Источники финансирования

- Надо писать заявки в различные фонды или организации. Это могут быть только по направлению "ОБРАЗОВАНИЕ" или совместные. Техническую часть заявки пишут инженеры проекта, а остальные главы пишутся совместно.

## 5. Прибыли школы

- Приобретение школьниками новых знаний и умений
- Повышение квалификации учителей
- Дополнительный источник финансирования школы
- Авторитет школы
- Отчетный материал
- Участие в конференциях
- Поскольку подобные проекты существуют только за границей и эти зарубежные коллективы готовы к сотрудничеству – можно наладить контакты (обмен информацией, опытом). Возможен прием иностранных школьников здесь, и поездки наших школьников и учителей за границу.

## 6. Прибыли исполнителей (инженеров-физиков)

- Данный проект рассматривается как пилотный и, в случае его успешного проведения, предполагается глобальное расширение детекторной базы, что позволит получить интересные научные результаты.
- Дополнительный источник финансирования

# Участники

## 7. Исполнители (инициаторы)

Янсон Э.Е. (МИФИ)

Богданов А.Г. (МИФИ)

## 8. Соисполнители

- Другие сотрудники МИФИ
- ИФВЭ (Институт Физики Высоких Энергий)  
(Серпухов)
- ГСПИ (Государственный  
Специализированный Проектный Институт)
- Университет "Дубна"