

Школьный проект

Часть 1

Регистрация космических
лучей на поверхности Земли.

Изучение широких
атмосферных ливней

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)

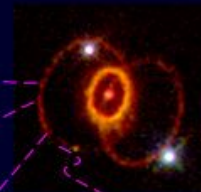
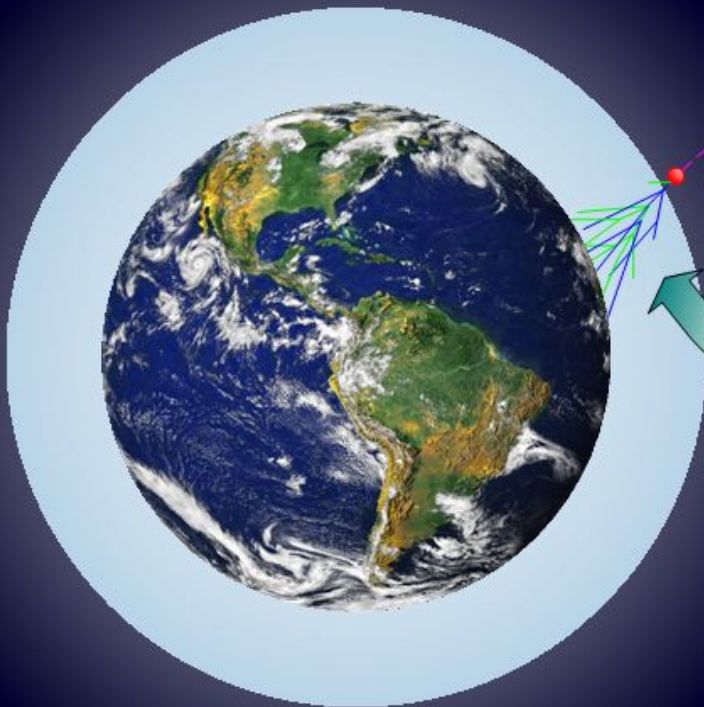
Солнце

прохождение космического
излучения через межзвездное
пространство и ускорение частиц

космические лучи – поток
протонов, ядер атомов

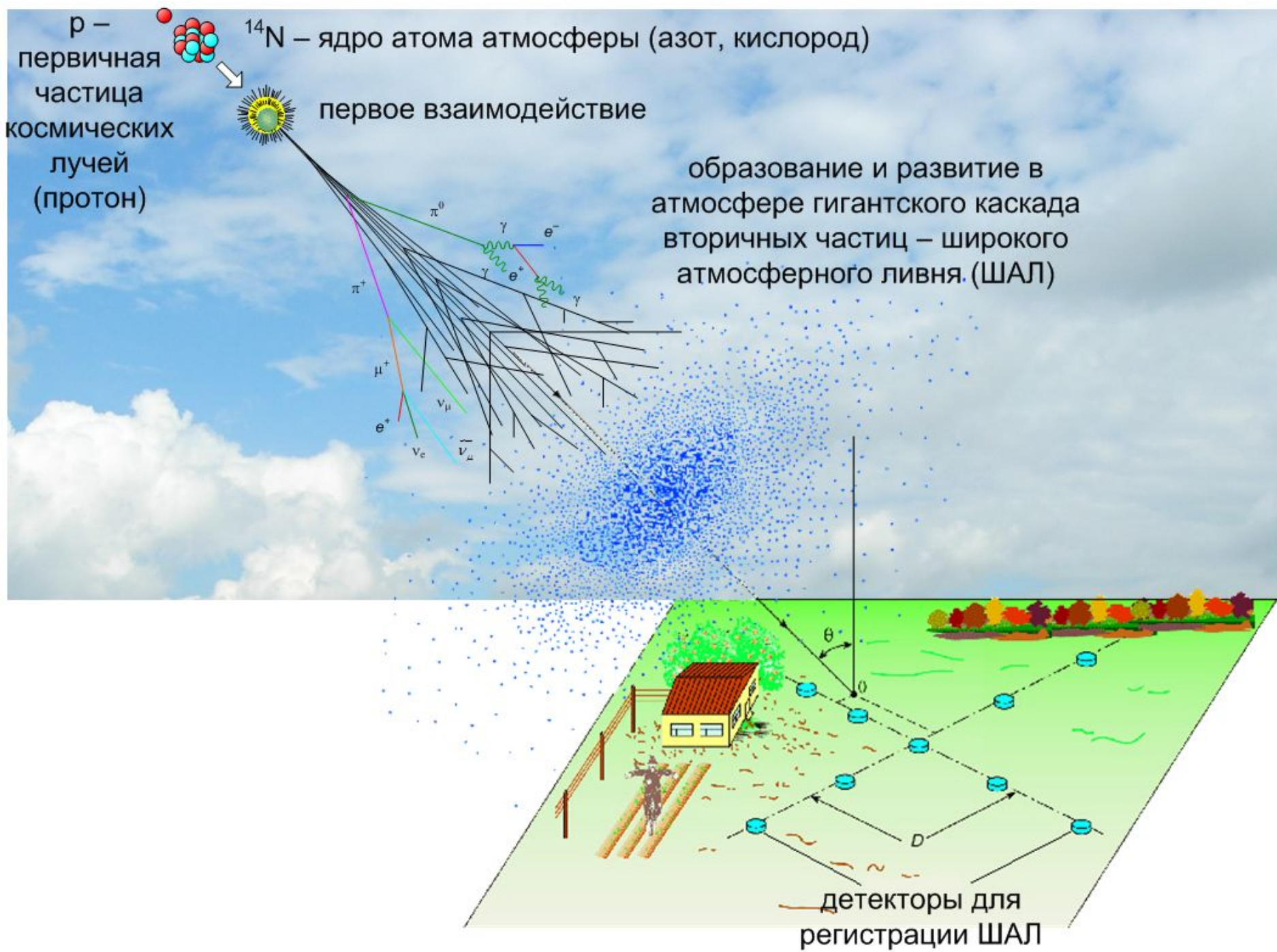
прохождение первичных частиц
космических лучей через атмосферу
– образование вторичных частиц

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.

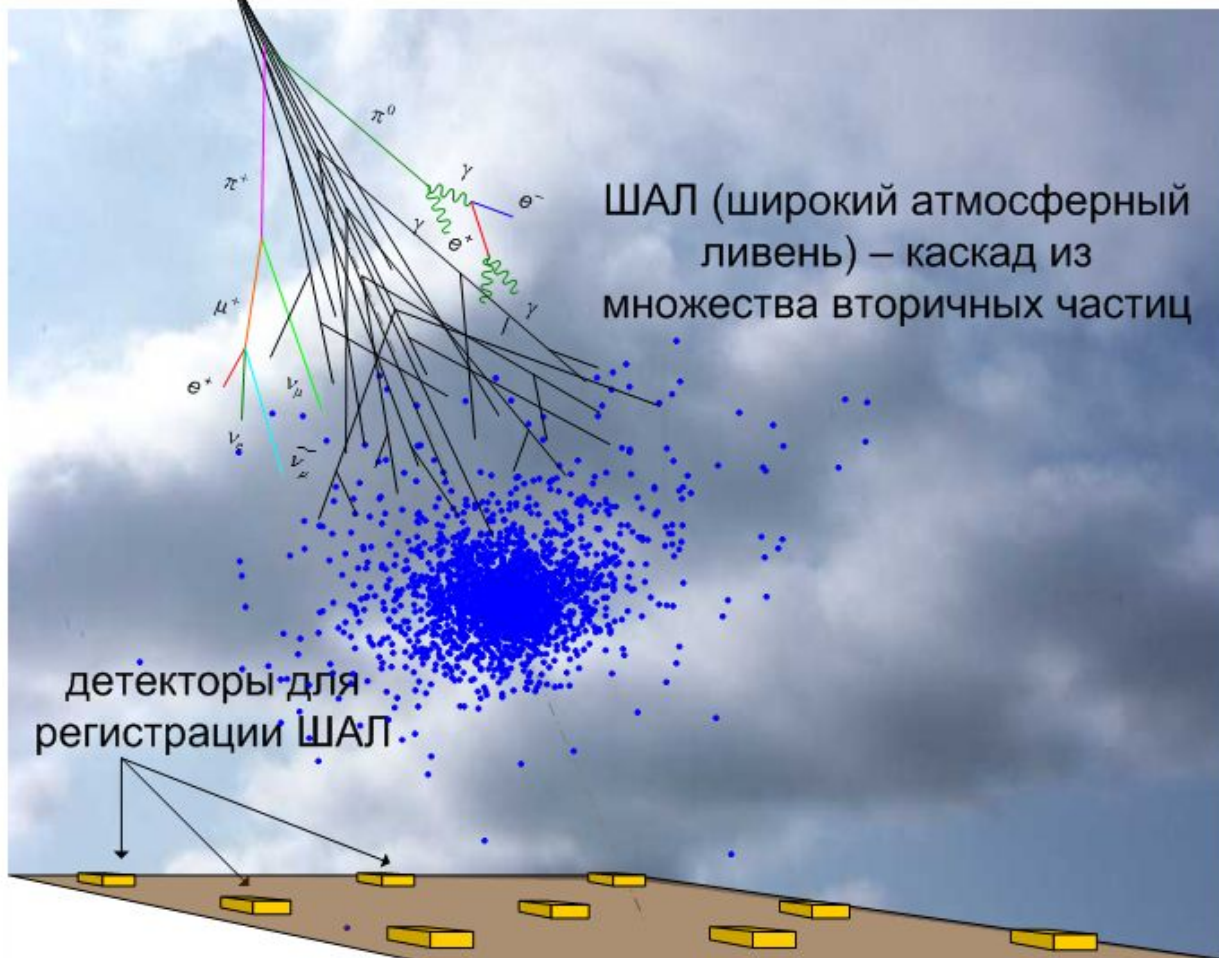


● первичная частица космических лучей (протон)

 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>

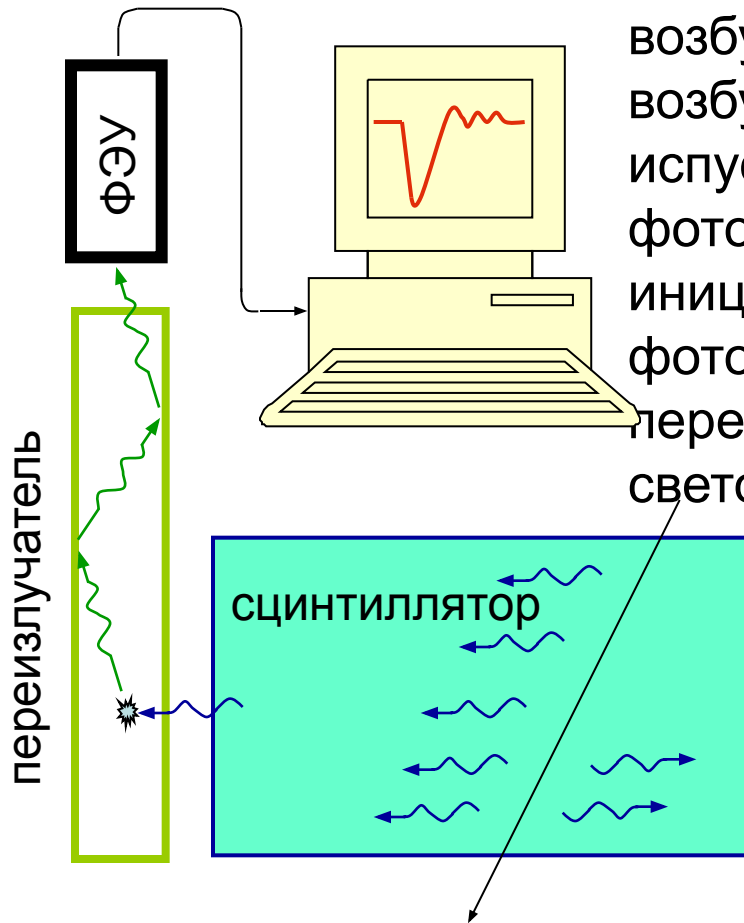
Школьный проект

Часть 2

**Сцинтилляционный детектор
для регистрации
широких атмосферных
ливней**

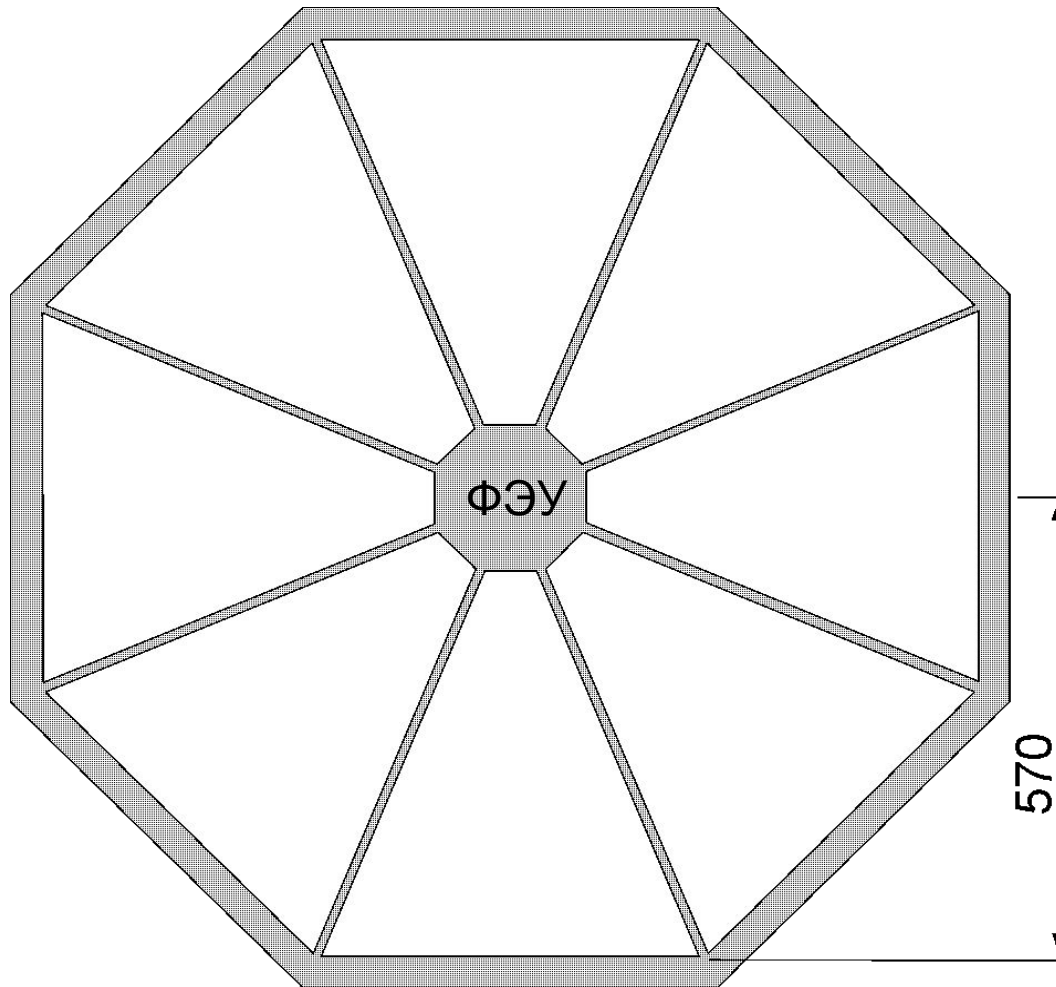
Принцип работы сцинтилляционного детектора

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.



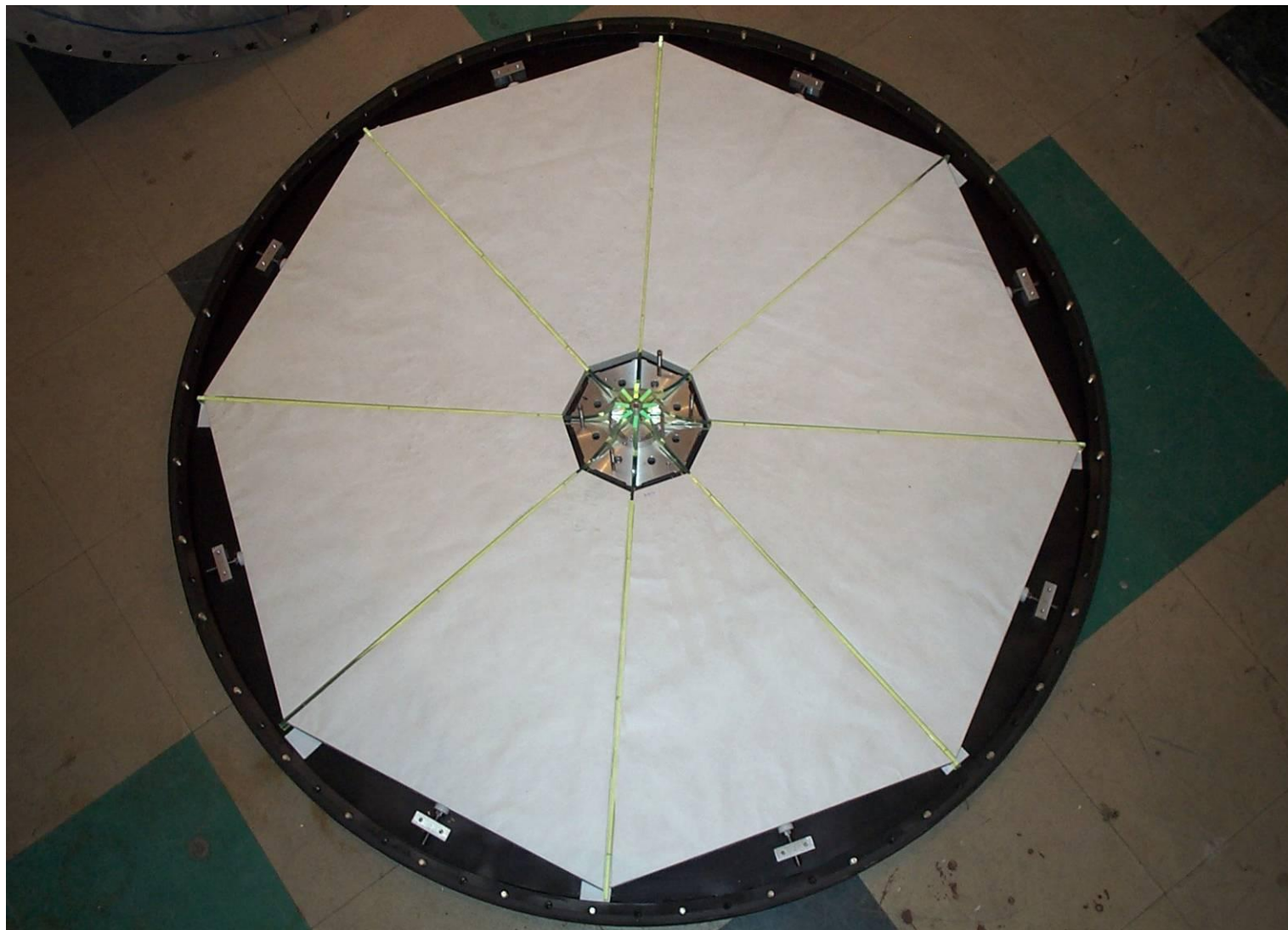
ФЭУ – фотоэлектронный умножитель. Это прибор для регистрации фотонов. Если на входное окно попадает фотон (лучше сотня фотонов), то на выходе появляется электрический импульс.

Схема сцинтиляционной сборки детектора



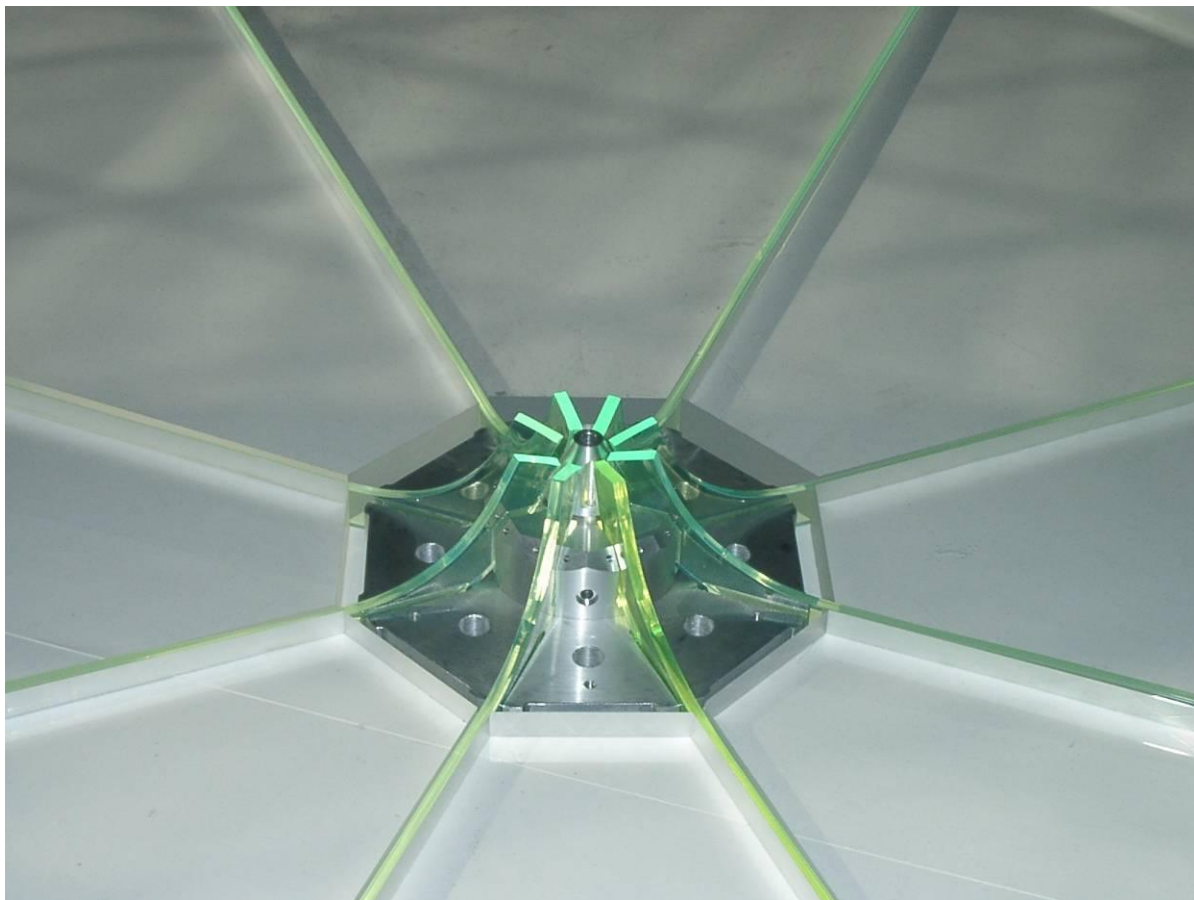
- 8 секторов из сцинтиляционного пластика
- 8 зафиксированных между секторами переизлучателей
- Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) располагается в центре сборки

Сцинтилляционная сборка



Сцинтилляционная сборка

Цетральная часть



Центральное расположение ФЭУ позволяет получить достойные характеристики детектора.

Переизлучатели



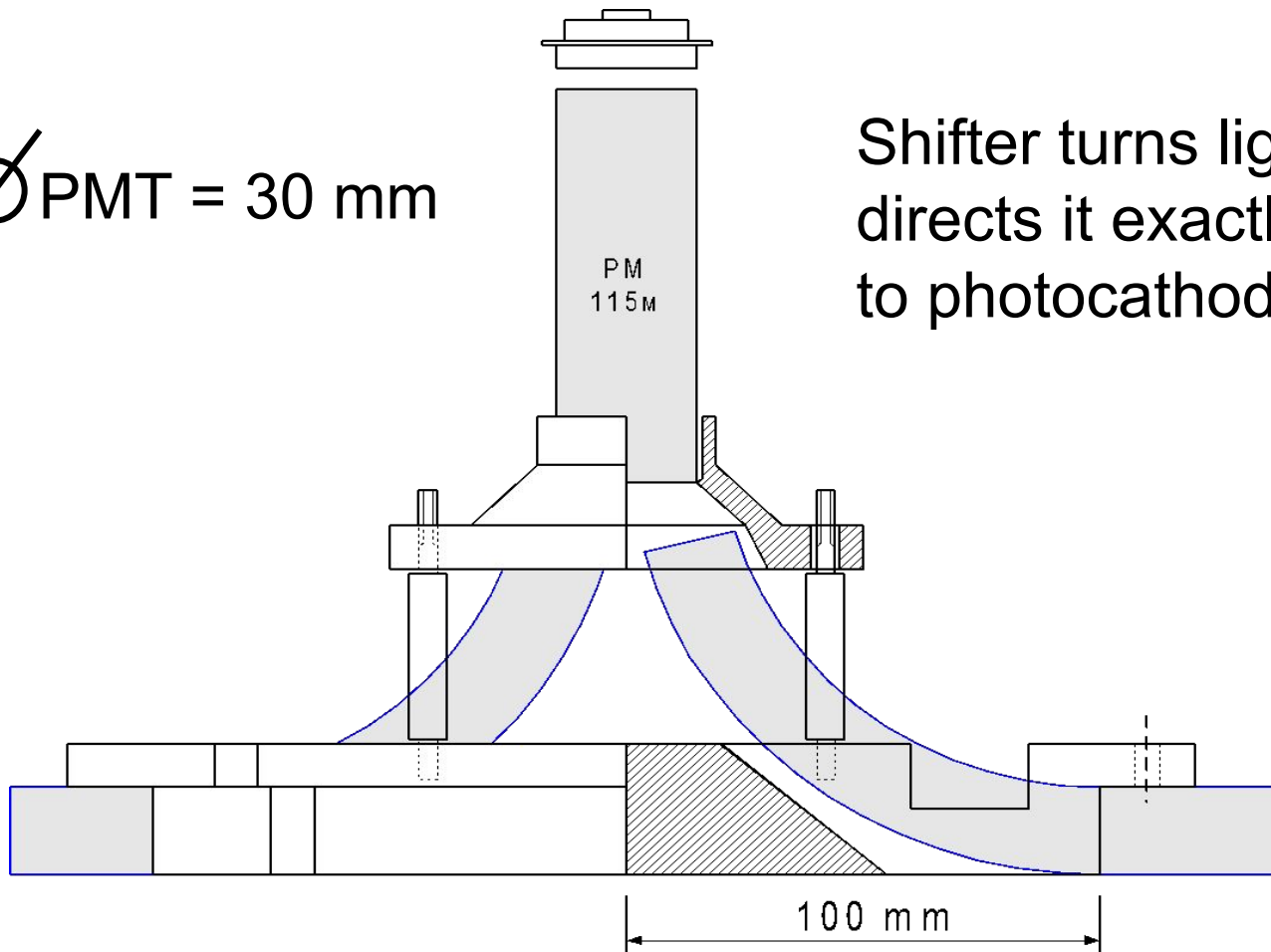
Ливневой детектор

- 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:

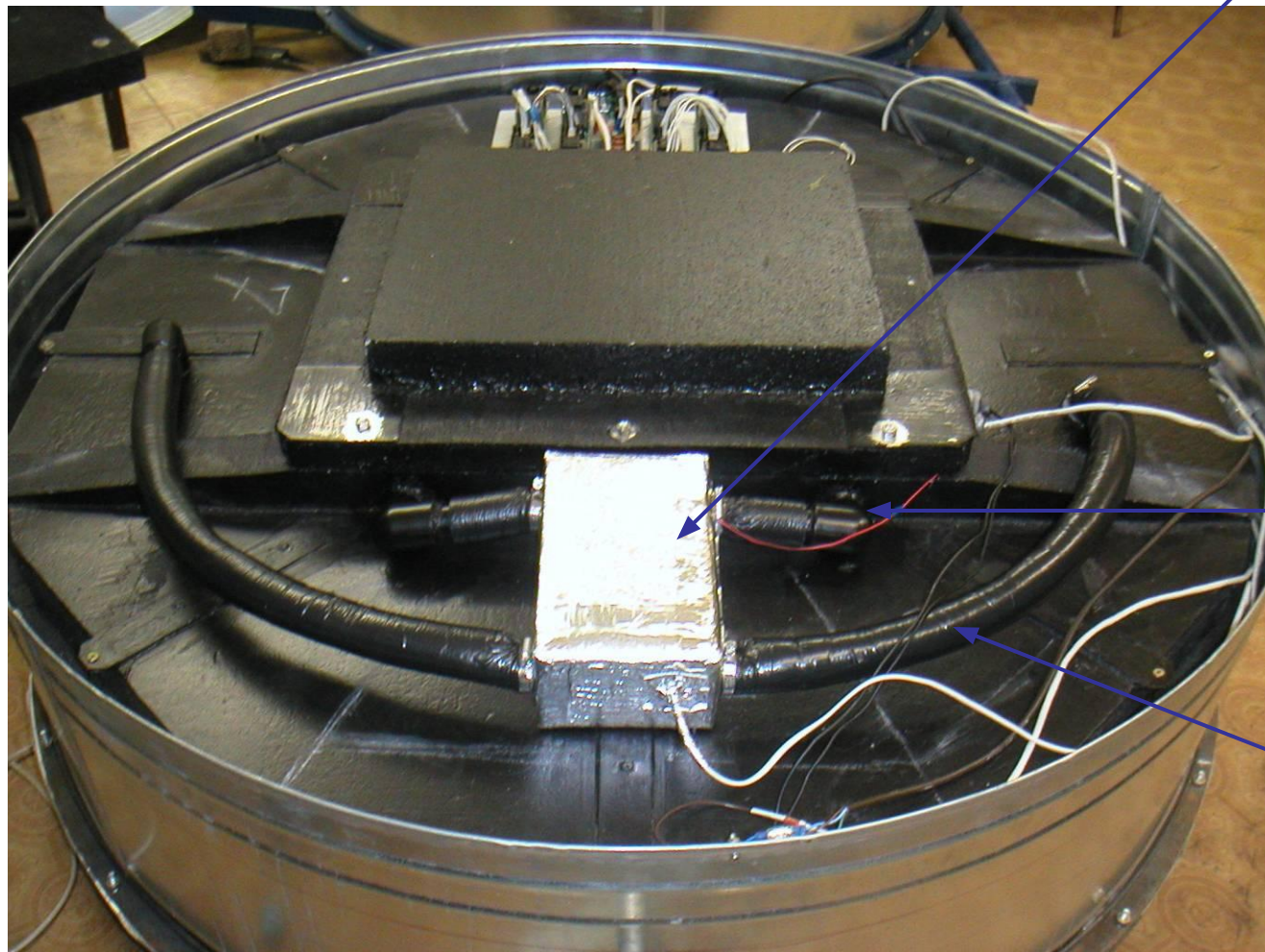
- Термоизоляционный бокс из пенопласта.
- Два термодатчика.
- Управляемый нагреватель.

Термоизоляционный бокс



- Жесткий пенопласт
- Толщина стенок ~ 7 см

Термобокс в сборе

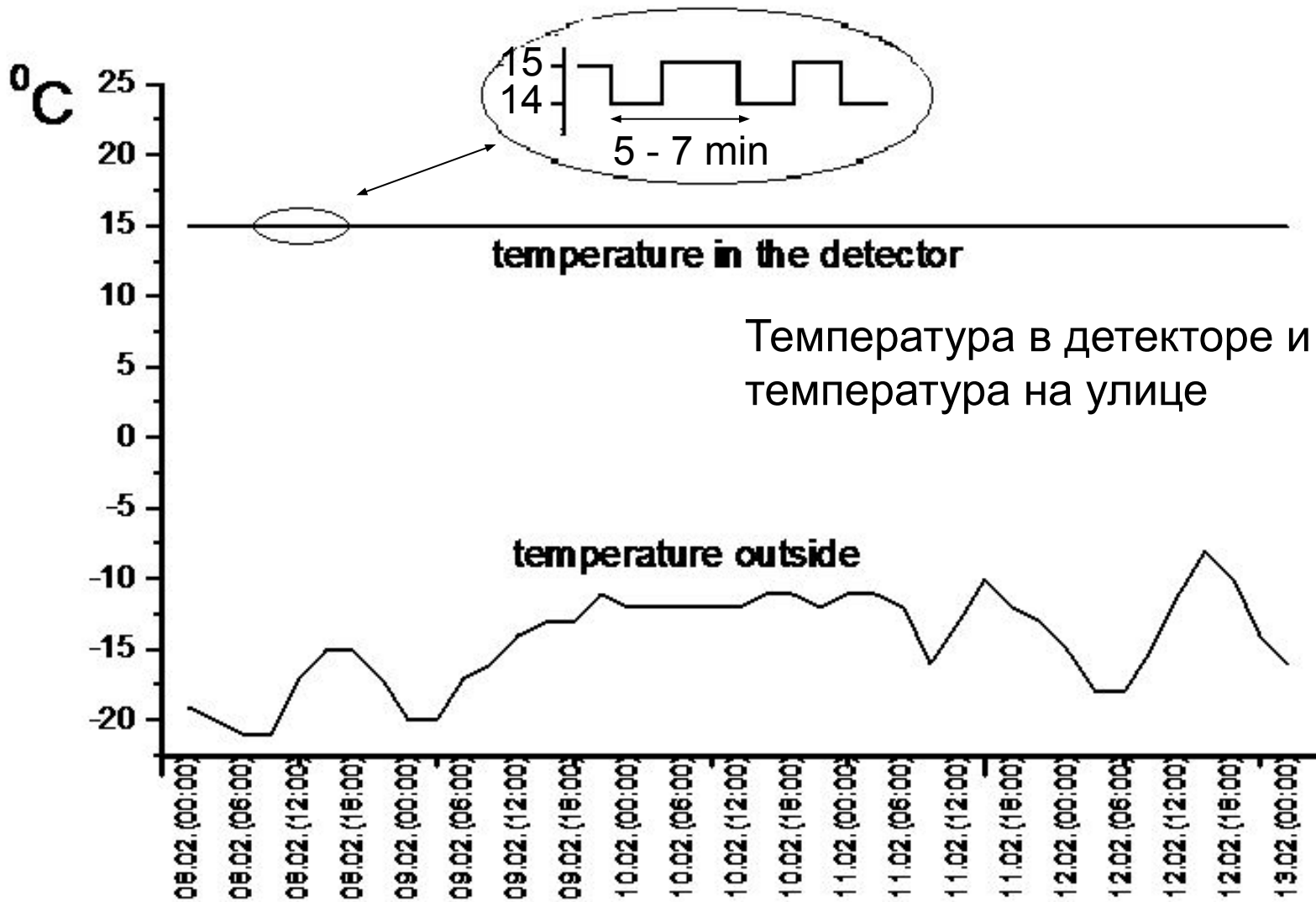


Здесь
холодный
воздух
нагревается и
прокачивается
обратно в
детектор

Термотрубка
для холодного
воздуха

Термотрубка
для горячего
воздуха

Термостабилизация в действии.



Электроника детектора

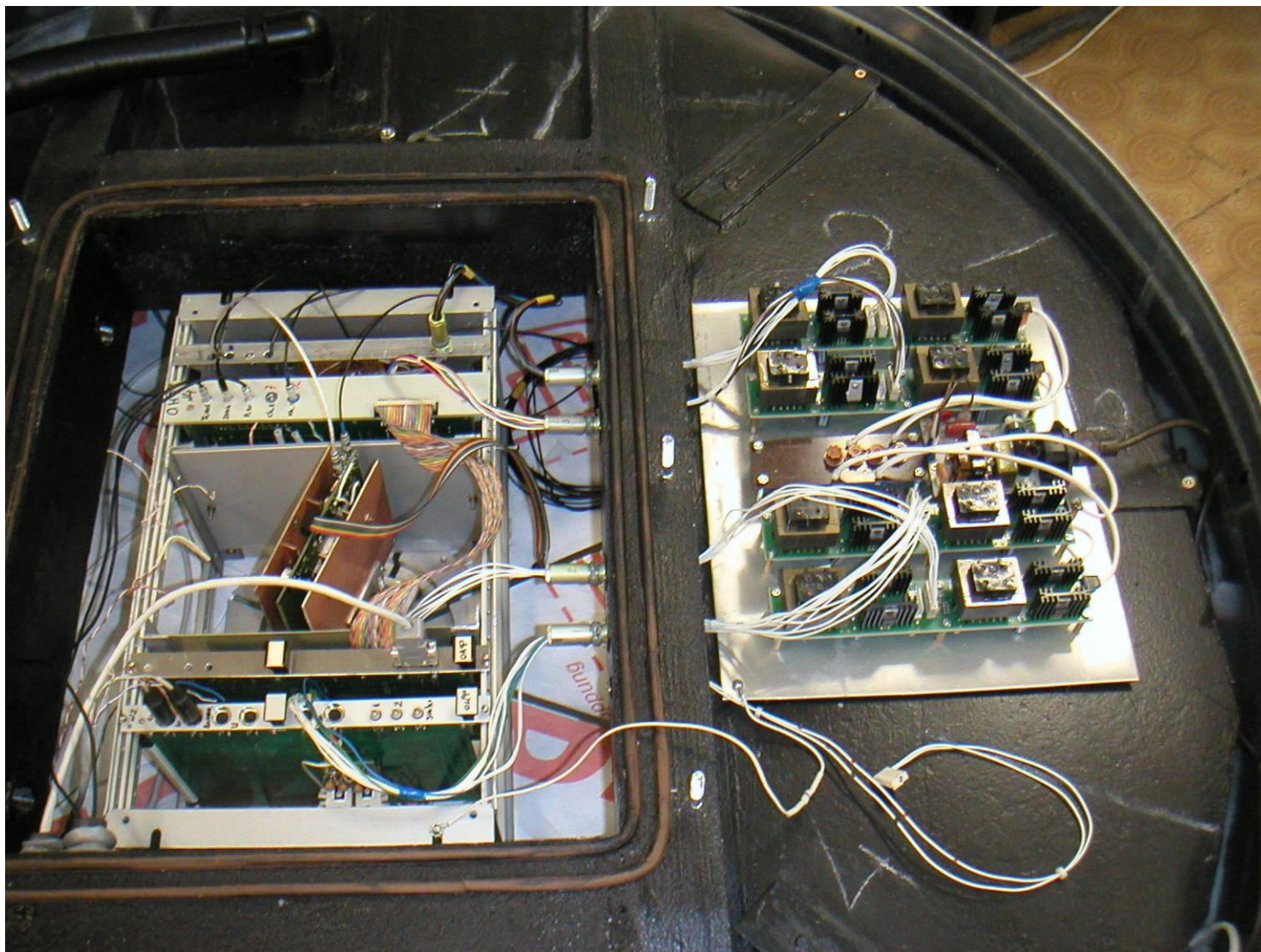
Собственная электроника детектора обеспечивает:

- 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

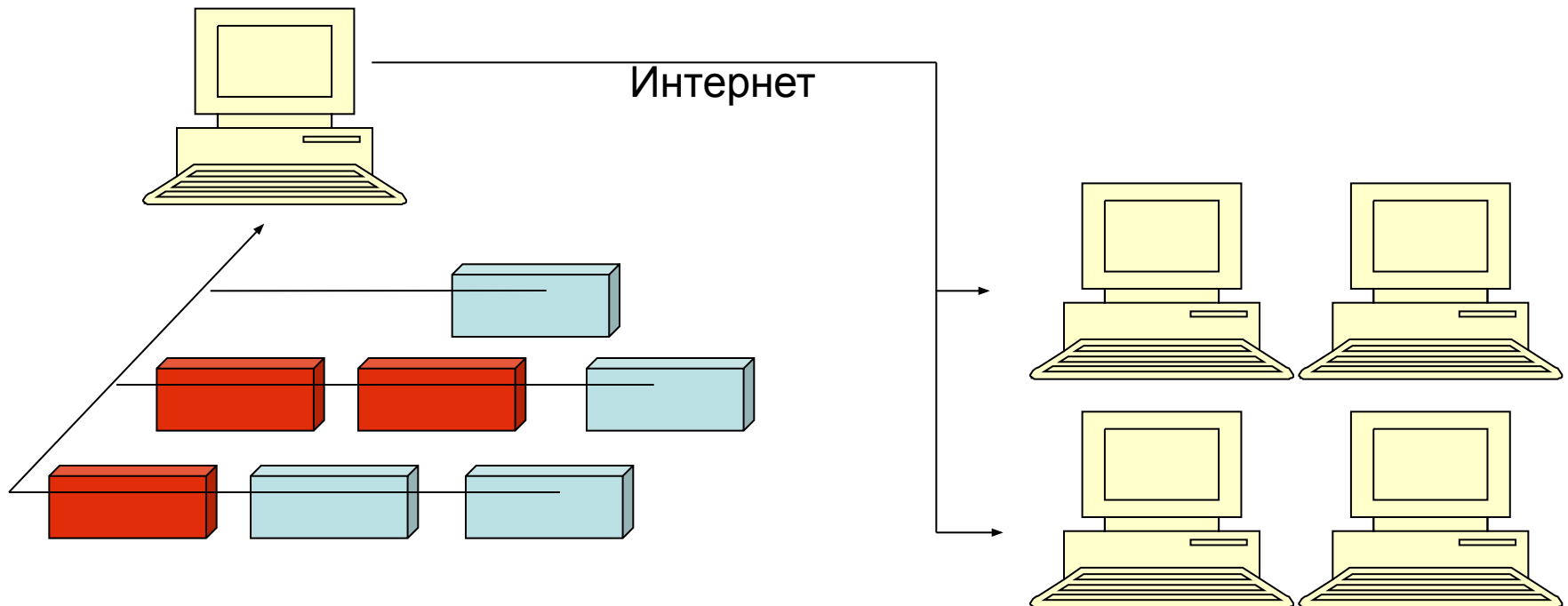
Стандартная методика регистрации Широких Атмосферных Ливней (ШАЛ) предполагает систему ливневых детекторов включенных в схему совпадений, т.е. одновременно сработавшие детекторы свидетельствуют о наличии ШАЛ.



Школьный проект. Вариант 1

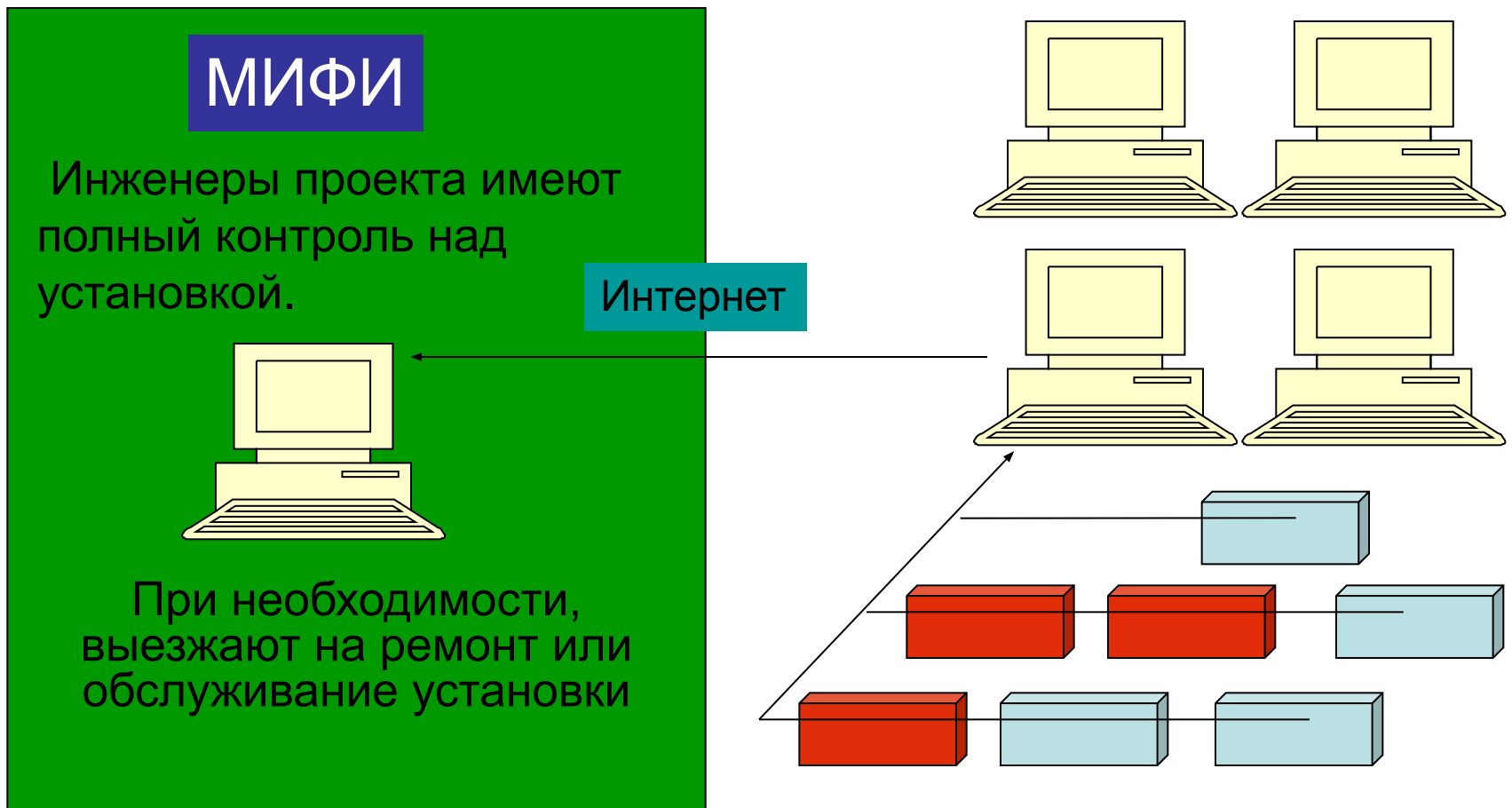
Ливневая установка расположена в институте (например в МИФИ)

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.

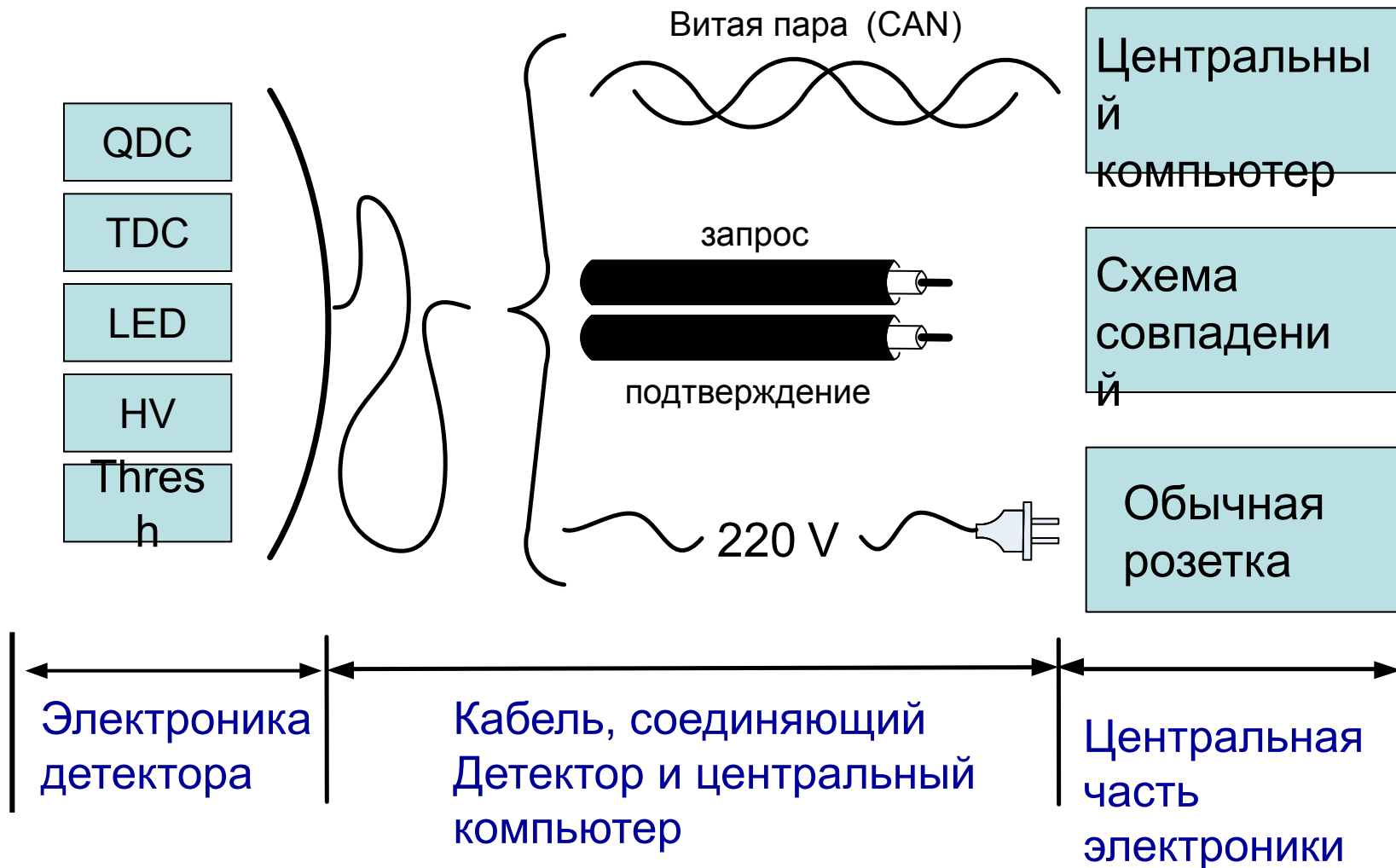


Школьный проект. Вариант 2

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

