

История открытия космических лучей

К столетнему юбилею со дня открытия

Школа учителей физики РФ в CERN

29 Окт. – 02 Ноя. 2012

Объединенный Институт Ядерных Исследований

(ОИЯИ г.Дубна)

Г.А.Шелков

Что есть Физика?

Физика – это экспериментальная наука, ставящая своей целью познание структуры и законов развития окружающего нас материального мира.

Космические лучи.

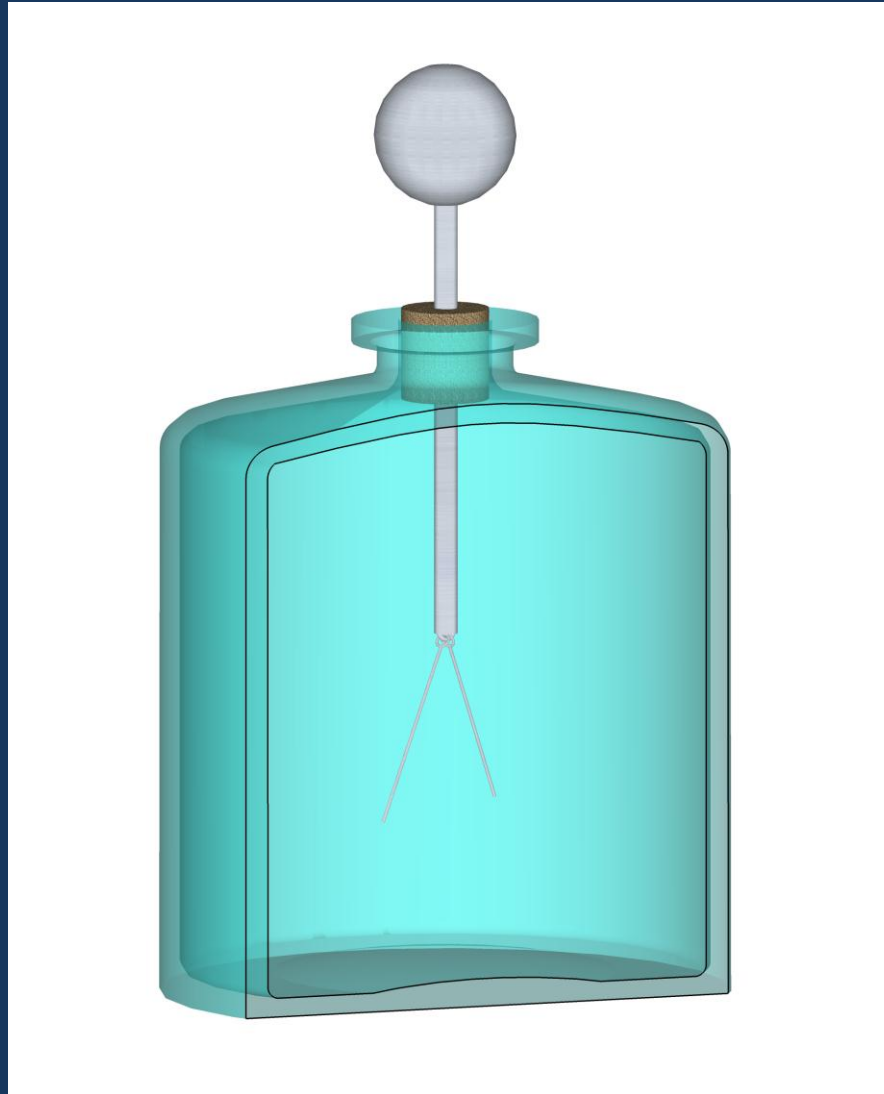
- История открытия
- Широкие Атмосферные Ливни
- Проект «Ливни Знаний»

История открытия

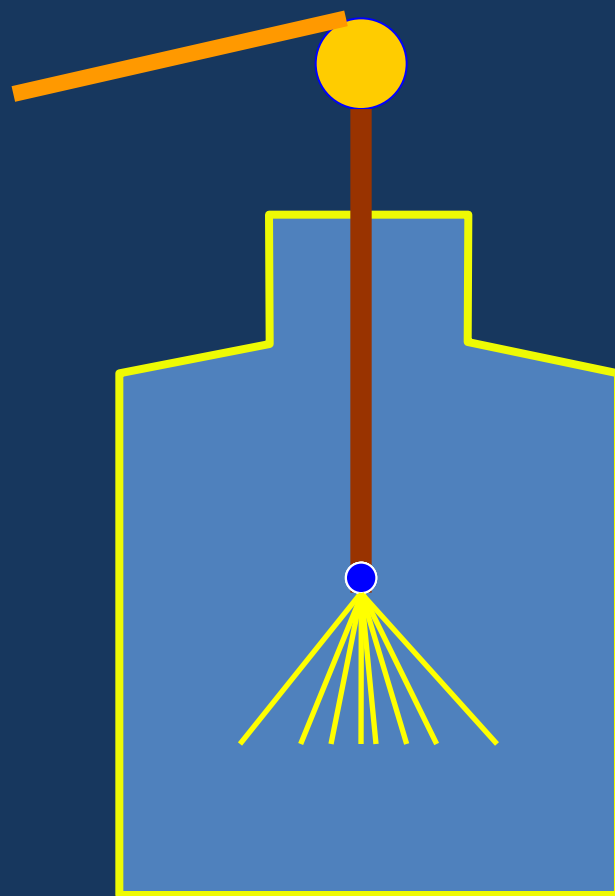
Сейчас даже трудно себе представить, но до 1912 года человечество не знало о существовании космических лучей.

Они были *ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО* открыты австрийским физиком В.Ф.Гессом (1883-1964).

Предистория открытия



Предистория открытия



Предистория открытия



Шарль Огюстен де Кулон

1736 - 1806

Сразу после открытия электрических зарядов Шарль Кулон пытался ответить на вопрос – почему разряжается электрометр? Но имеющихся в то время знаний было недостаточно для выработки правильного ответа.

Историческое отступление



Шарль Огюстен де Кулон

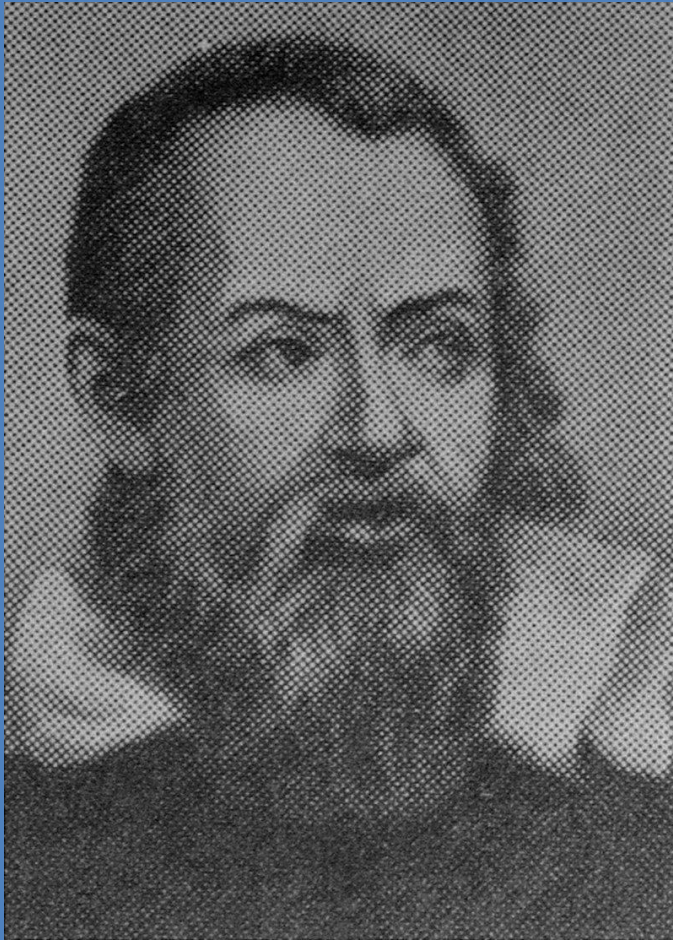
1736 - 1806



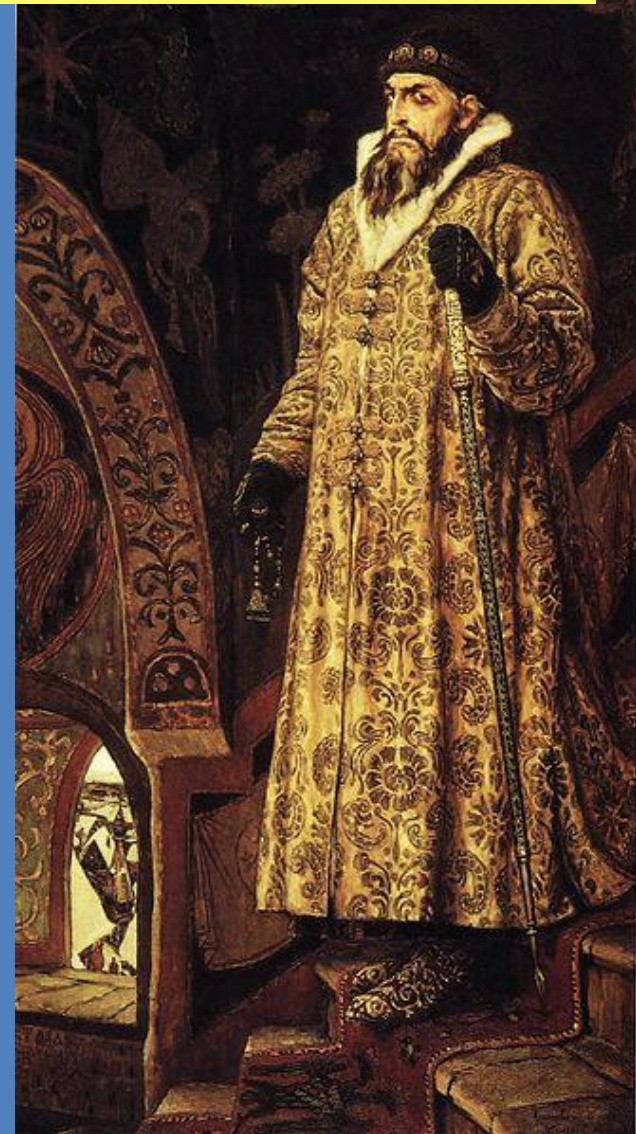
Екатерина II

1762 - 1796

Историческое отступление

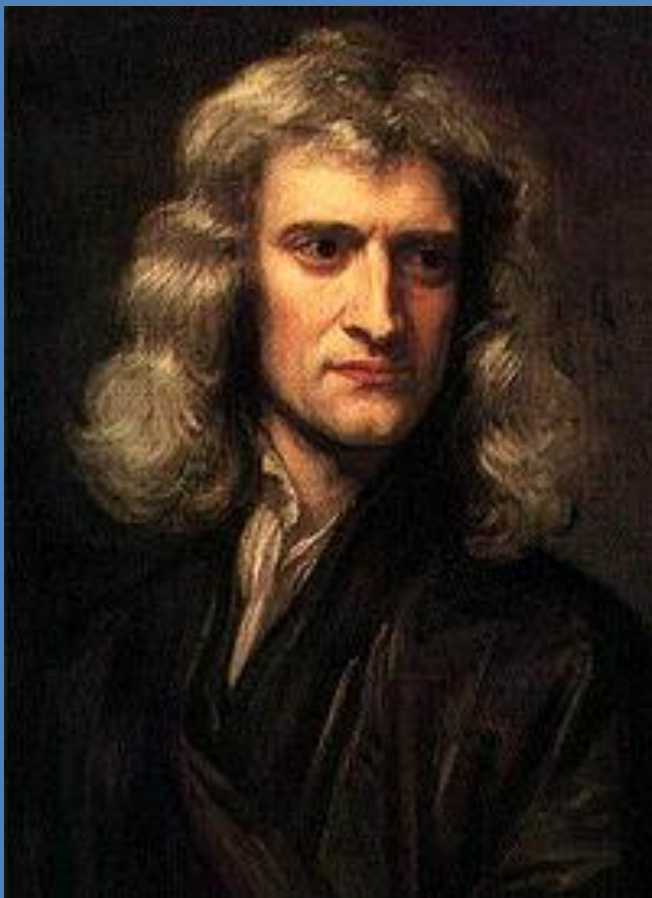


Галилео ГАЛИЛЕЙ
(15.02.1564 – 08.01.1642)



Иван IV Грозный
(25.08.1530 – 18.03.1584)

Историческое отступление



Исаак Ньютон
(04.01.1643 – 31.03.1727)



Петр I
(30.05.1672 – 28.01.1725)

Историческое отступление



Петр Яковлевич ЧААДАЕВ

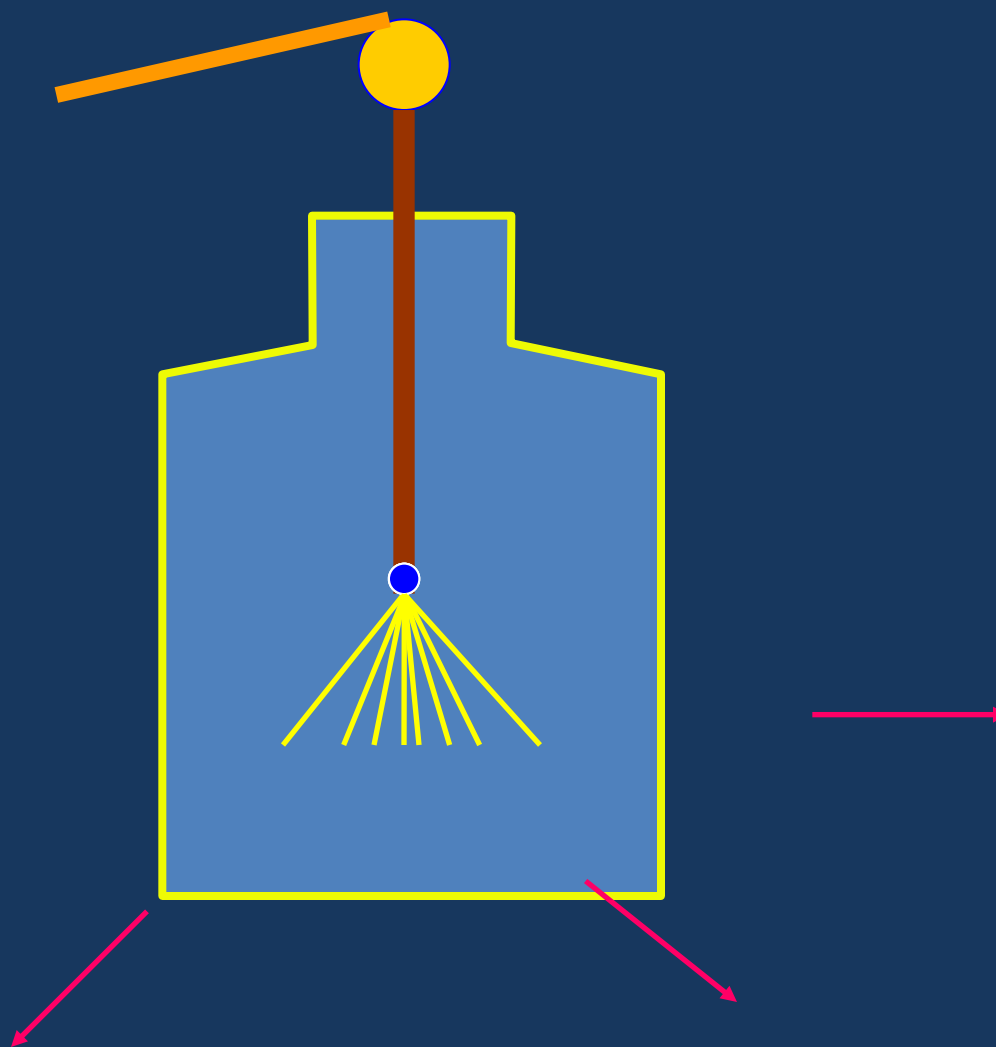
(27.05.1794 – 14.04.1856)

«Философские письма» 1831г.

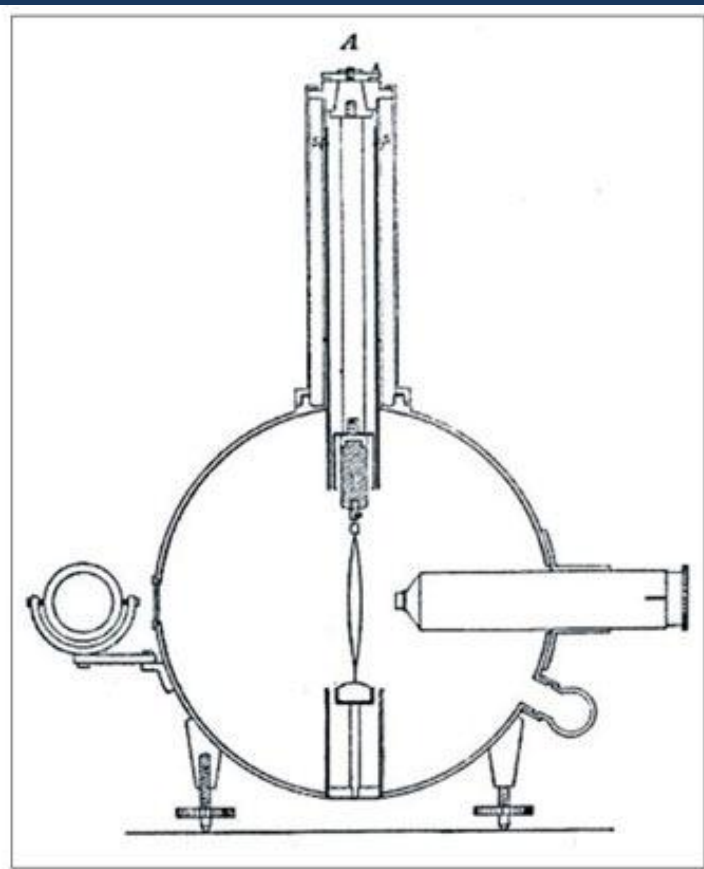
Предистория открытия

Первые научно обоснованные гипотезы о причинах разрядки появились лишь ~100 лет спустя после открытия в 1896 г. Анри Беккерелем природной радиоактивности.

Предистория открытия



Один из первых приборов Физики частиц -
электрометр Вульфа ~ 1905г.
(Theodor Wulf)



Предистория открытия

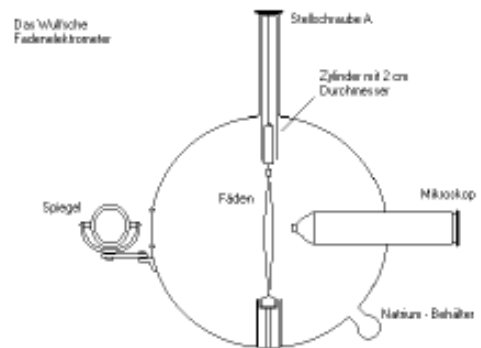
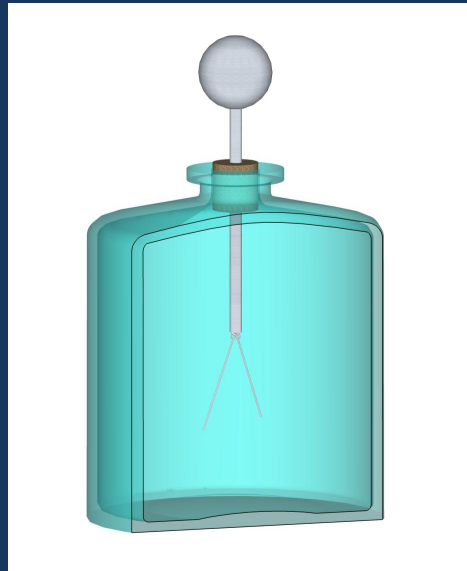


Fig. 2: Wulf electrometer.

Идея эксперимента

- Единственная известная в 1912 году причина разрядки электрометра – радиоактивное излучение
- Единственный источник такого излучения, известный в то время – радиоактивные минералы Земли
- **Значит по мере удаления от поверхности земли время разрядки электрометра должно увеличиваться !**

Первая неудачная попытка



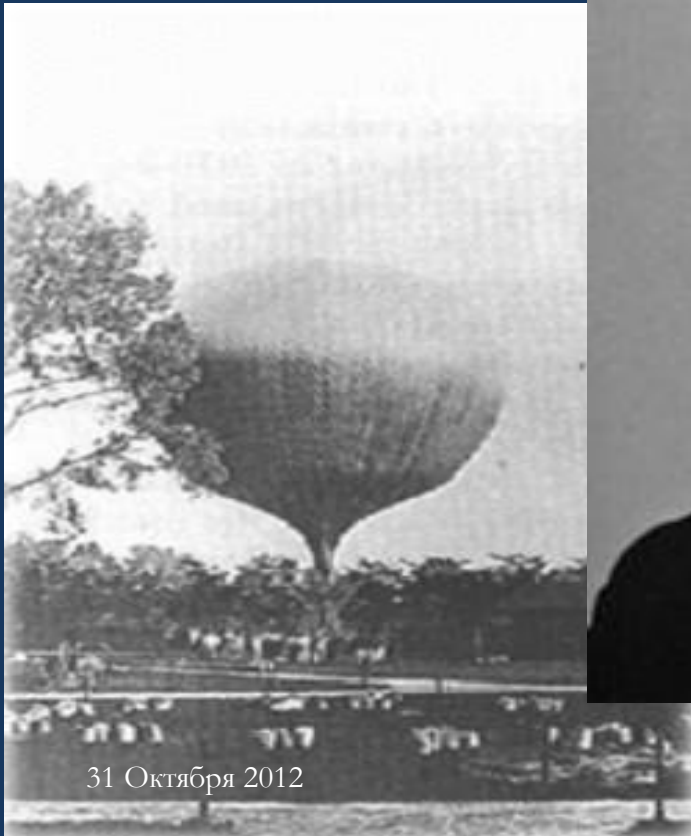
Teodor Wulf начинал как Иезуит священник, но позже стал немецким физиком. Движимый желанием найти ответ на загадку электрометра он сам (без какой либо финансовой поддержки со стороны!) решил поехать в Париж и провести эти измерения на ...

Эйфелевой башне!

НО, высота башни была недостаточна для обнаружения эффекта! ☹

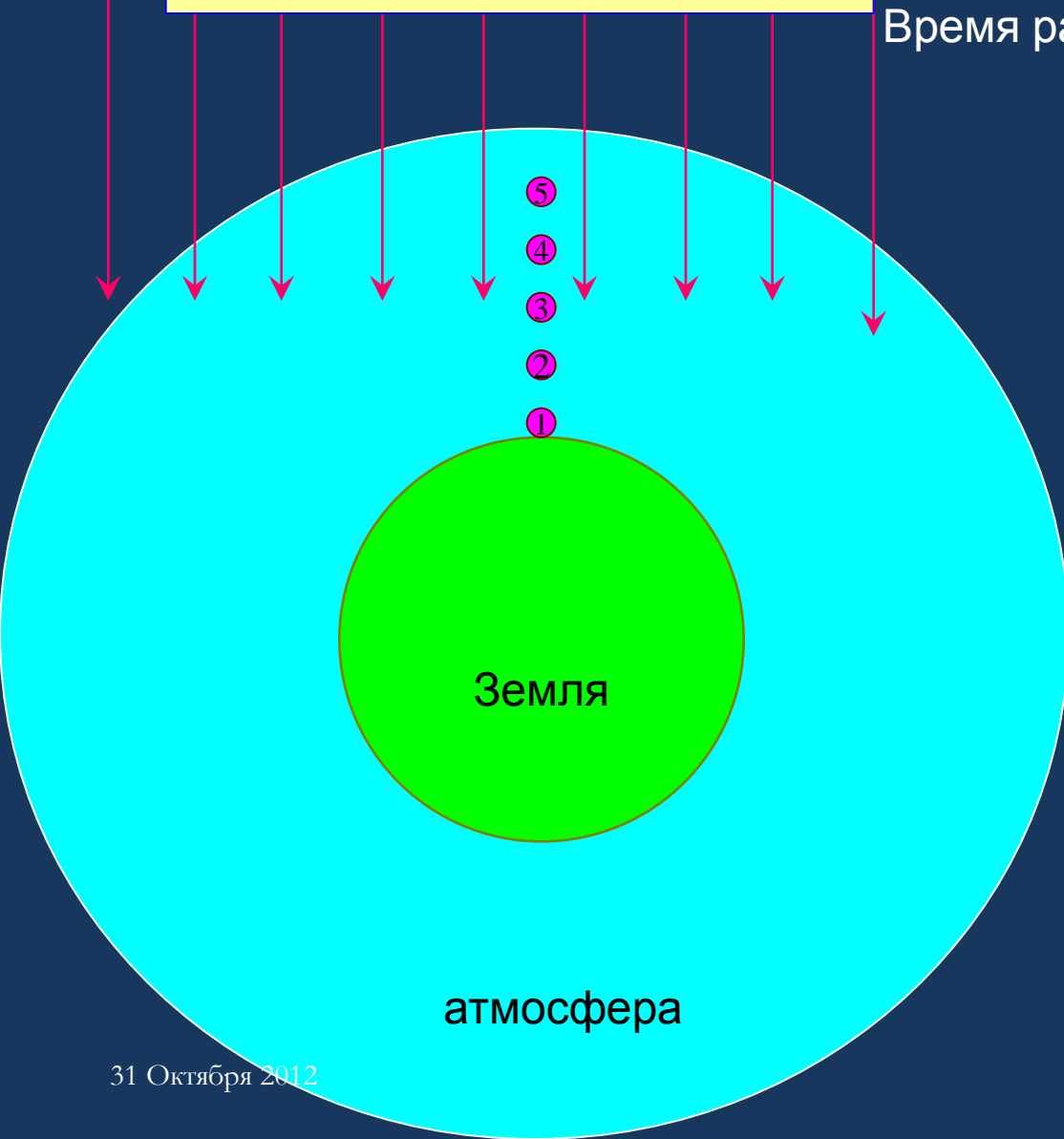
Victor Francis Hess

Впервые увидеть эффект удалось австрийскому физику Виктору Гессу с помощью воздушного шара в 1912 году.

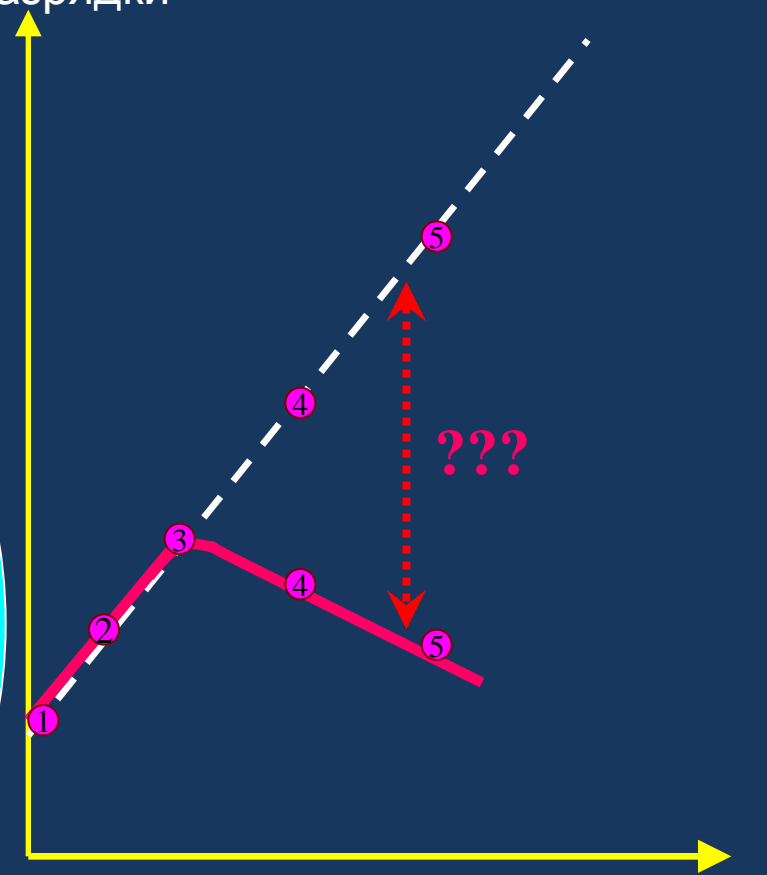


Постановка эксперимента

Космические лучи !!!



Время разрядки



Высота подъема

- Экспериментальное (!) открытие космических лучей стало днем рождения Физики Частиц Высоких Энергий (ФЧВЭ)

Нобелевская премия 1936 г.

- Дальнейшее ее развитие шло двумя параллельными путями:
 - путем изучения частиц космического излучения;
 - путем сооружения ускорителей частиц и проведения с их помощью исследований.

Космические лучи.

- 1. Собственно первичные космические частицы уровня земли не достигают (их наблюдают со спутников)**
- 2. Толщина земной атмосферы ~ 1 кг/см² достаточна для образования частицами космических лучей Широкого Атмосферного Ливня (ШАЛ).**

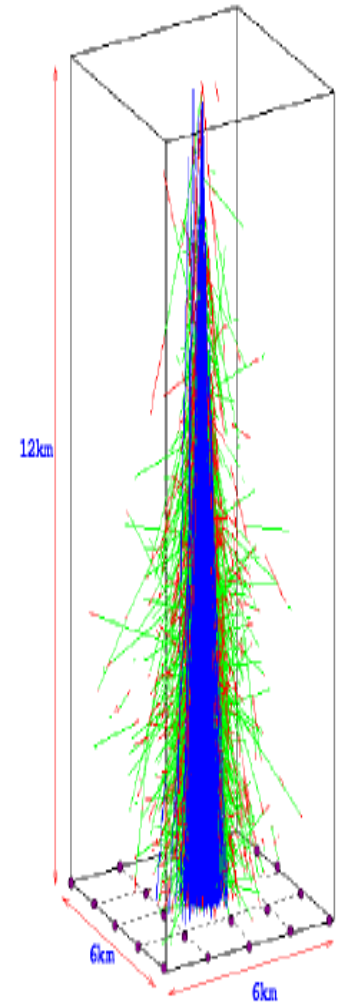
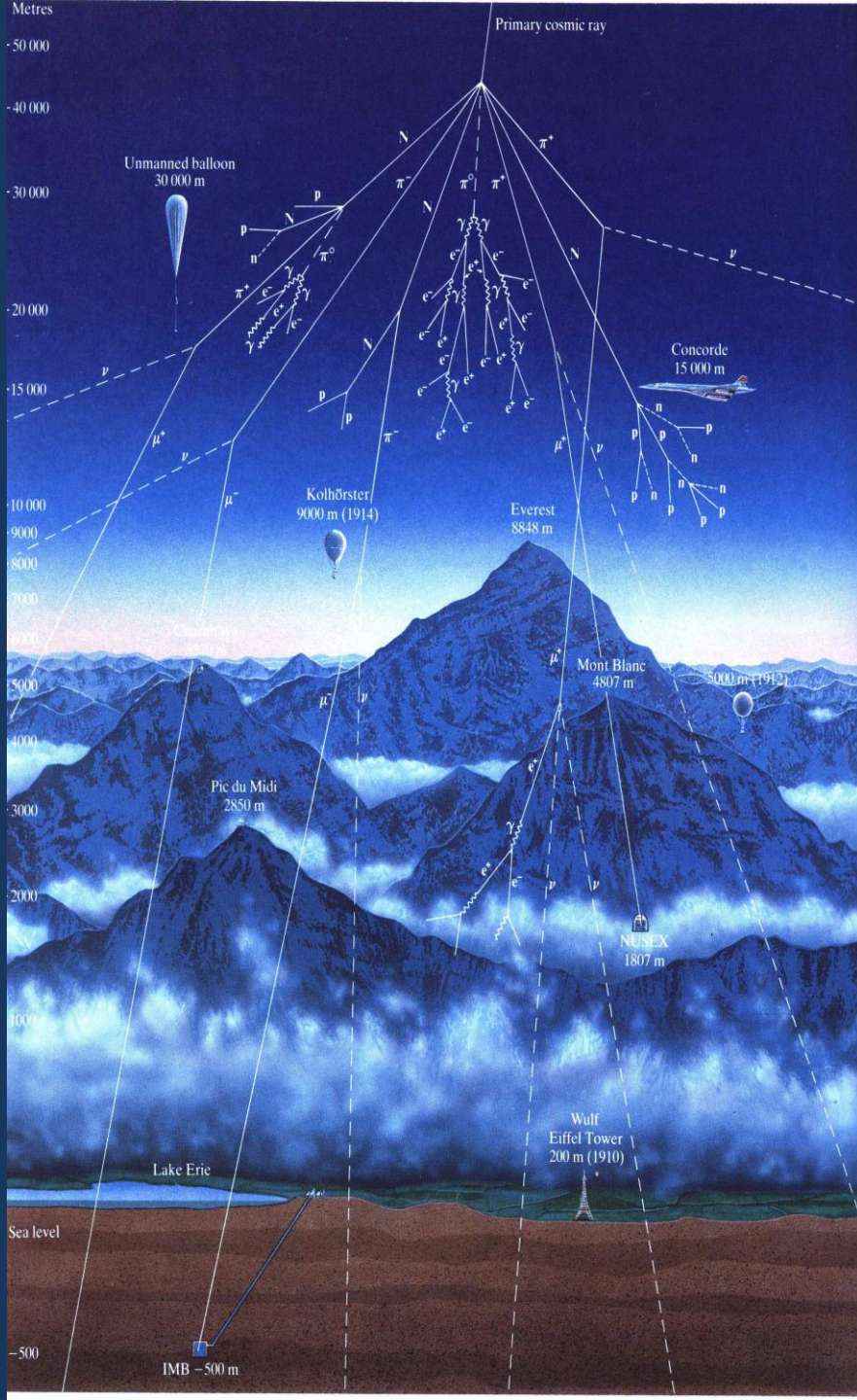
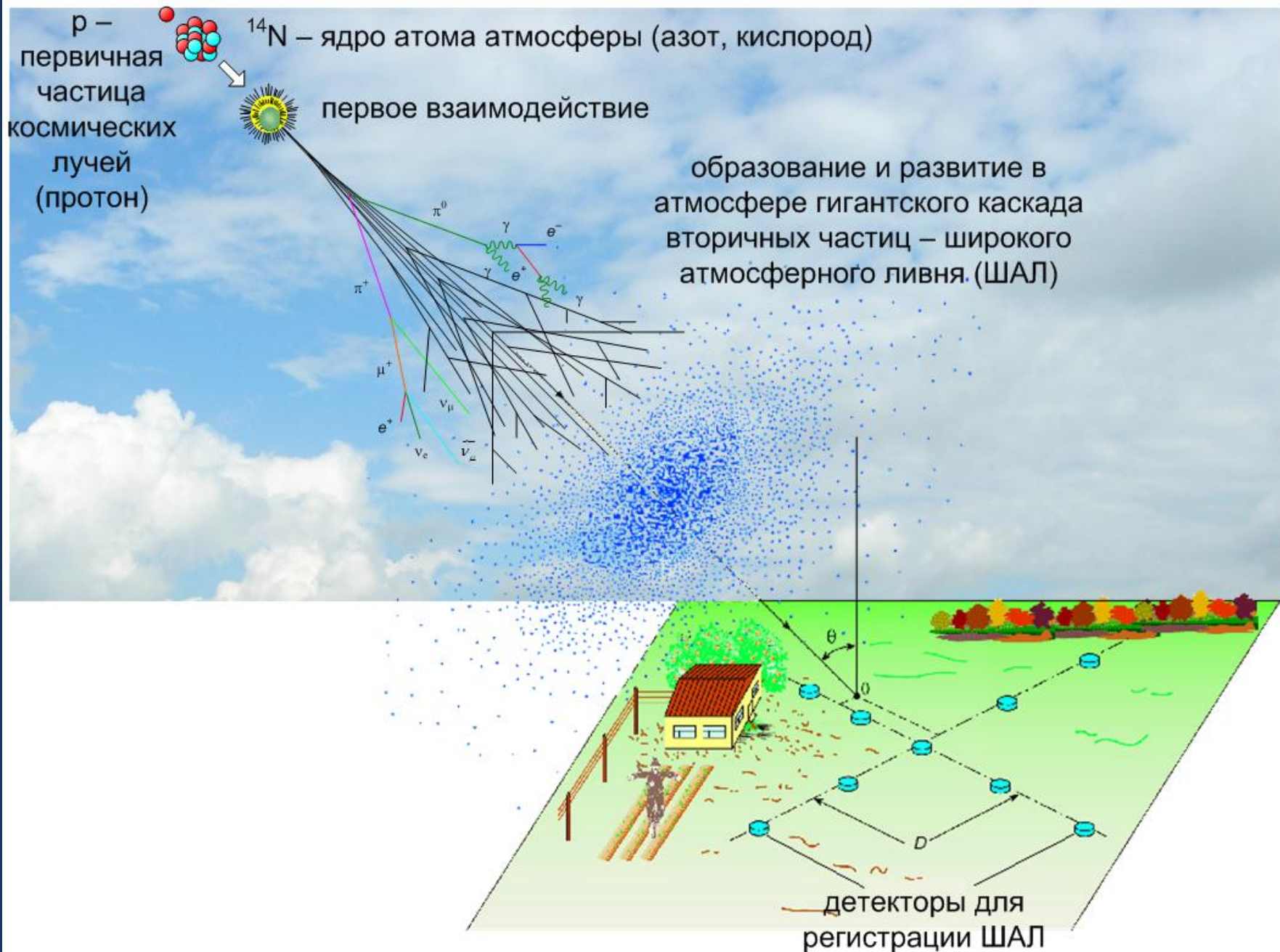


Figure 7: Simulated extensive cosmic ray air shower for a 1×10^{19} eV primary.



Как Пьер Оже (Pierre Victor Auger (1899-1993) обнаружил в 1938 году Широкие Атмосферные Ливни (ШАЛ)

Схема
совпадений

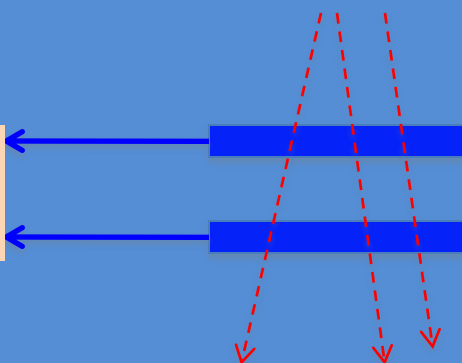
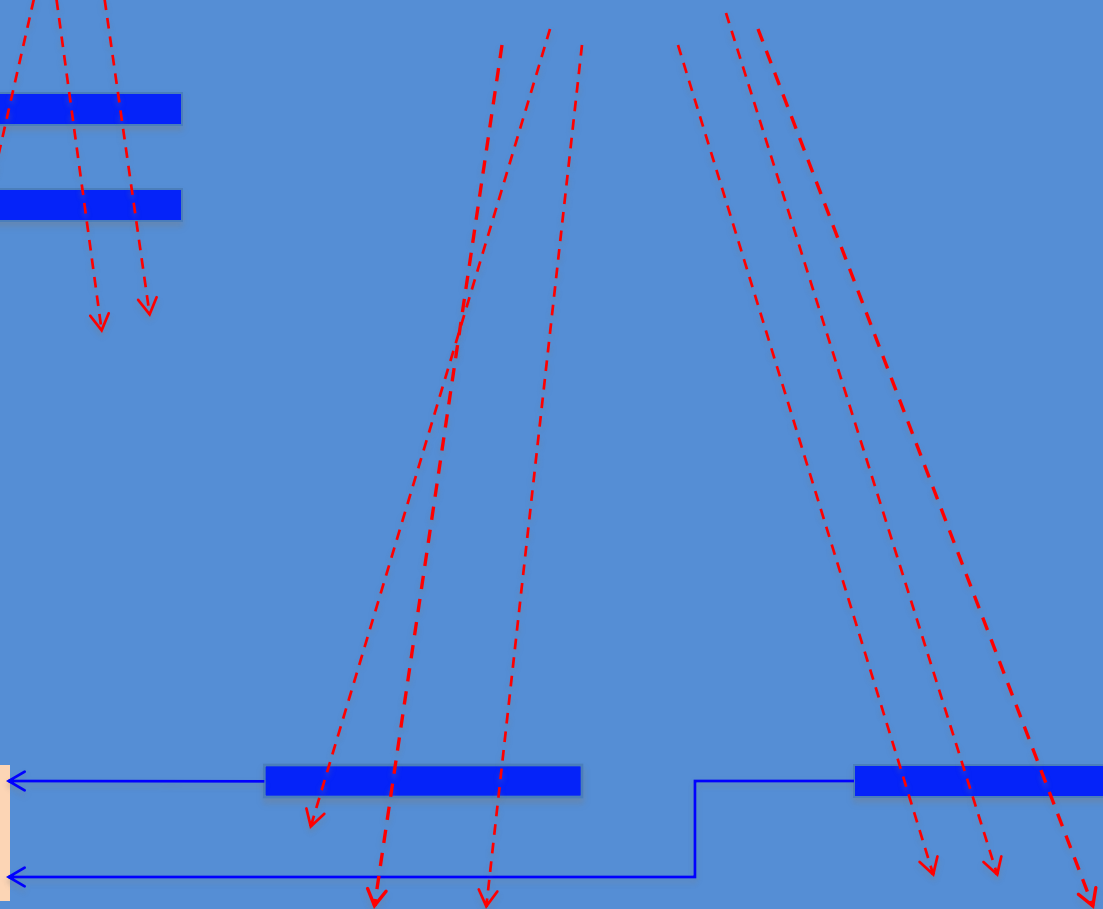


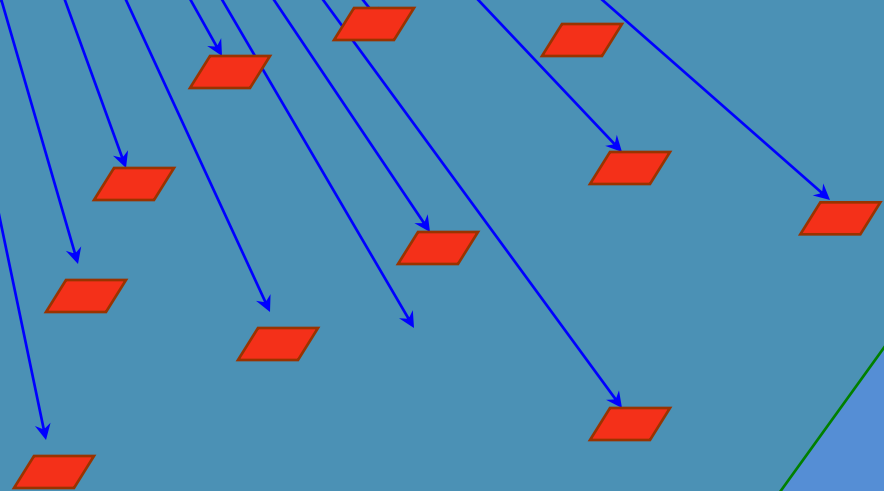
Схема
совпадений



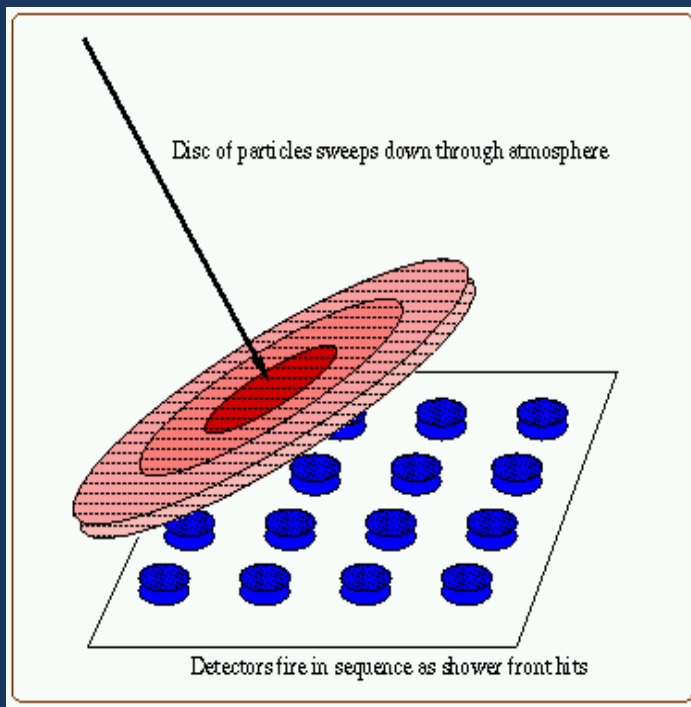
Косм.ливень

Детектор частиц

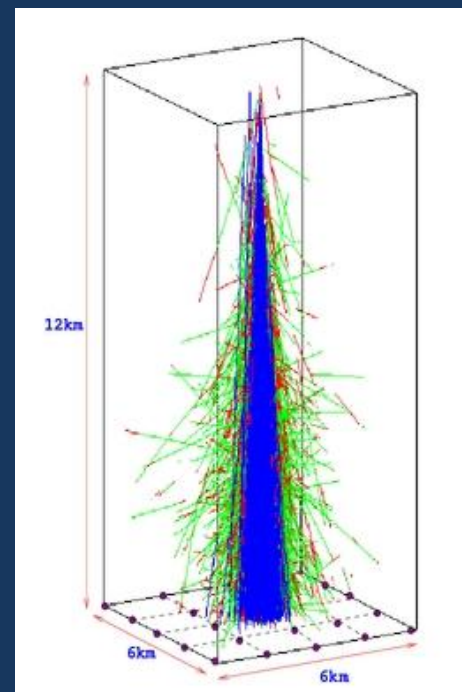
\sim КМ



**Начиная с первых 4 станций
можно определять
направление прилетевшей
частиц (оси ливня).**

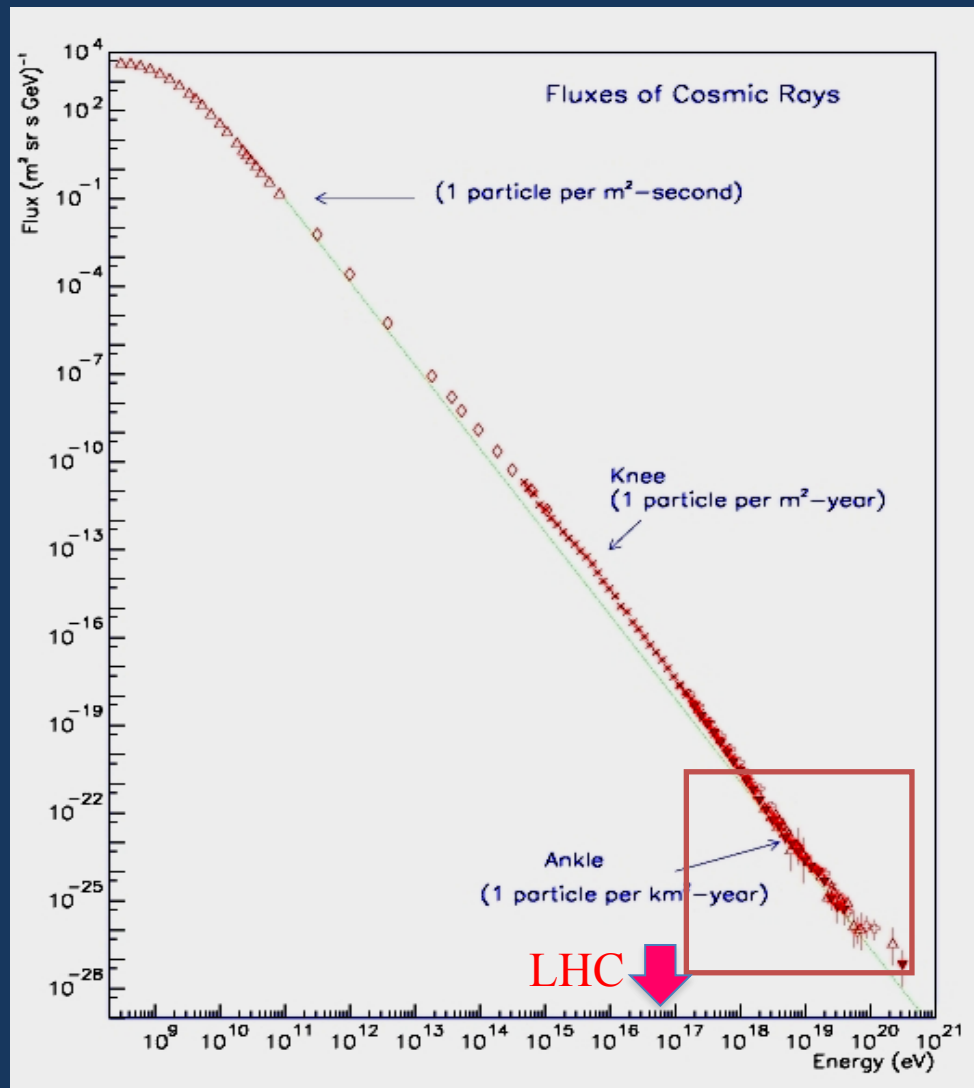


**После запуска следующих
станций (> 10) возникает
возможность оценки энергии
ливня.**



Энергетический спектр космических лучей

32

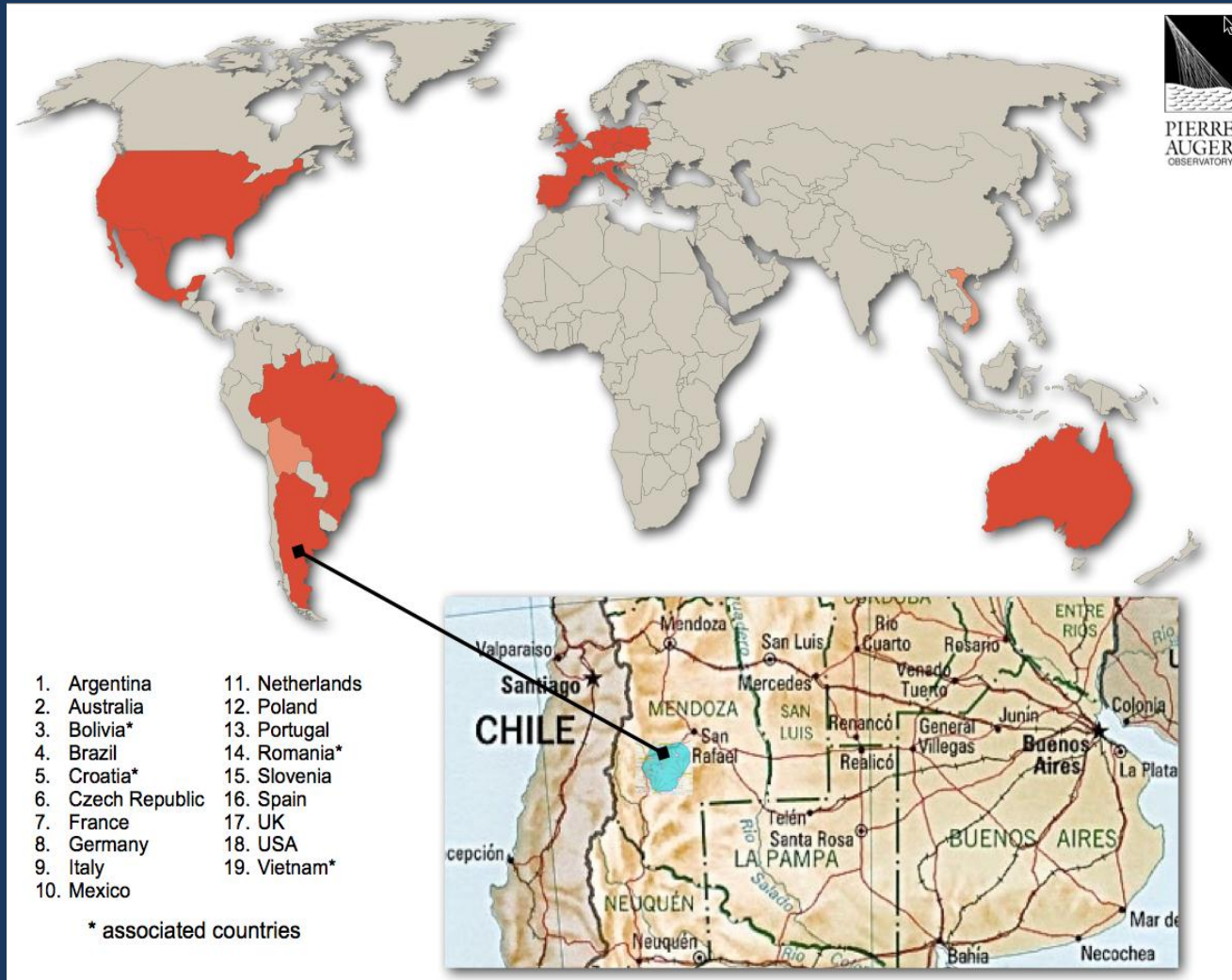


12

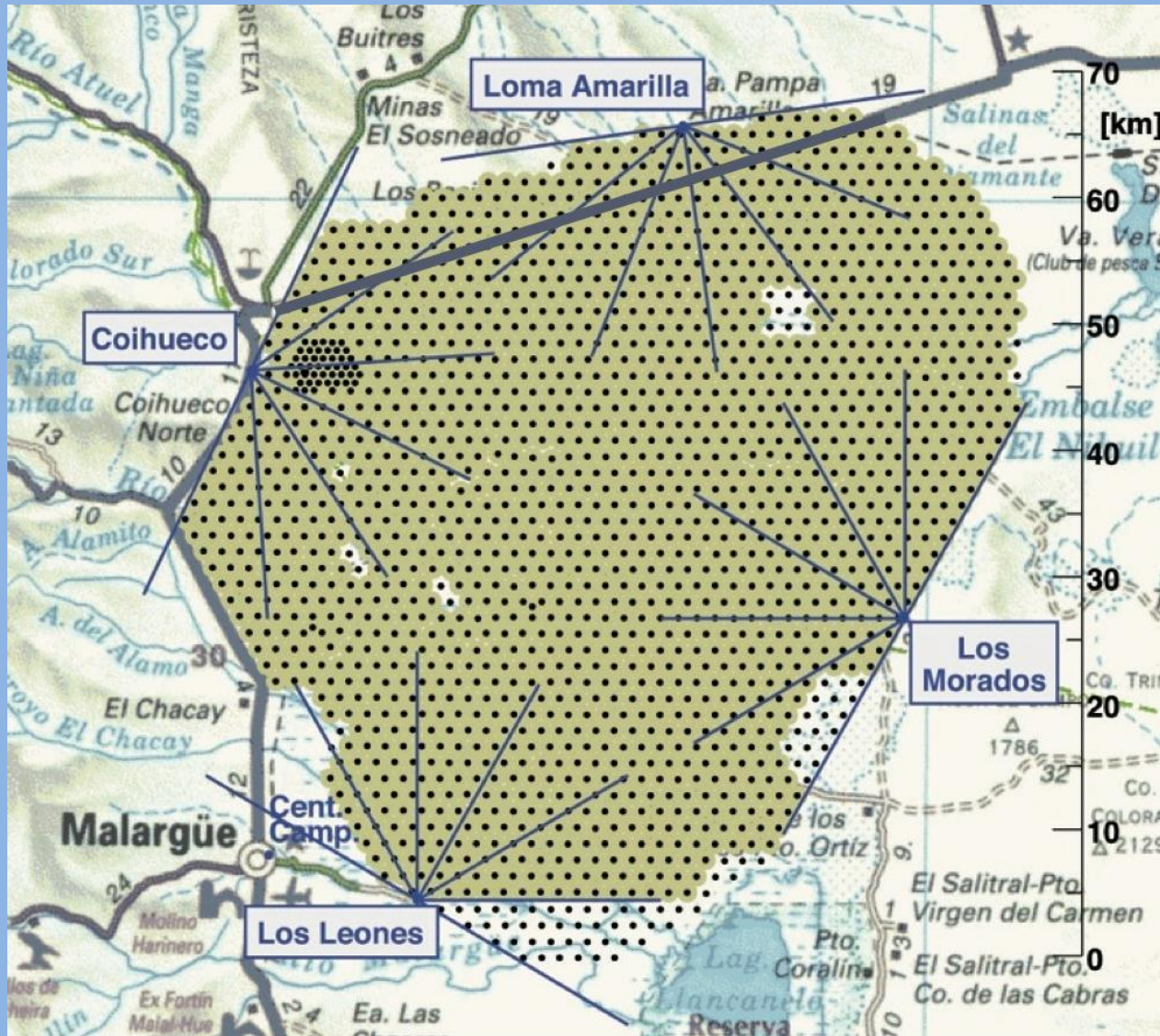
Пример современного эксперимента по исследованию космических лучей.

Почему именно это место?

- Плоское
- В меру высокое
 ≈ 1400 m height
 ≈ 875 g/cm²
- Малонаселенно
 $e (< 0.1 / \text{km}^2)$
- Хорошие атмосферные условия



The Auger Observatory



1660 water Cherenkov detectors covering 3000 km²

4 x 6 + 3 fluorescence telescopes

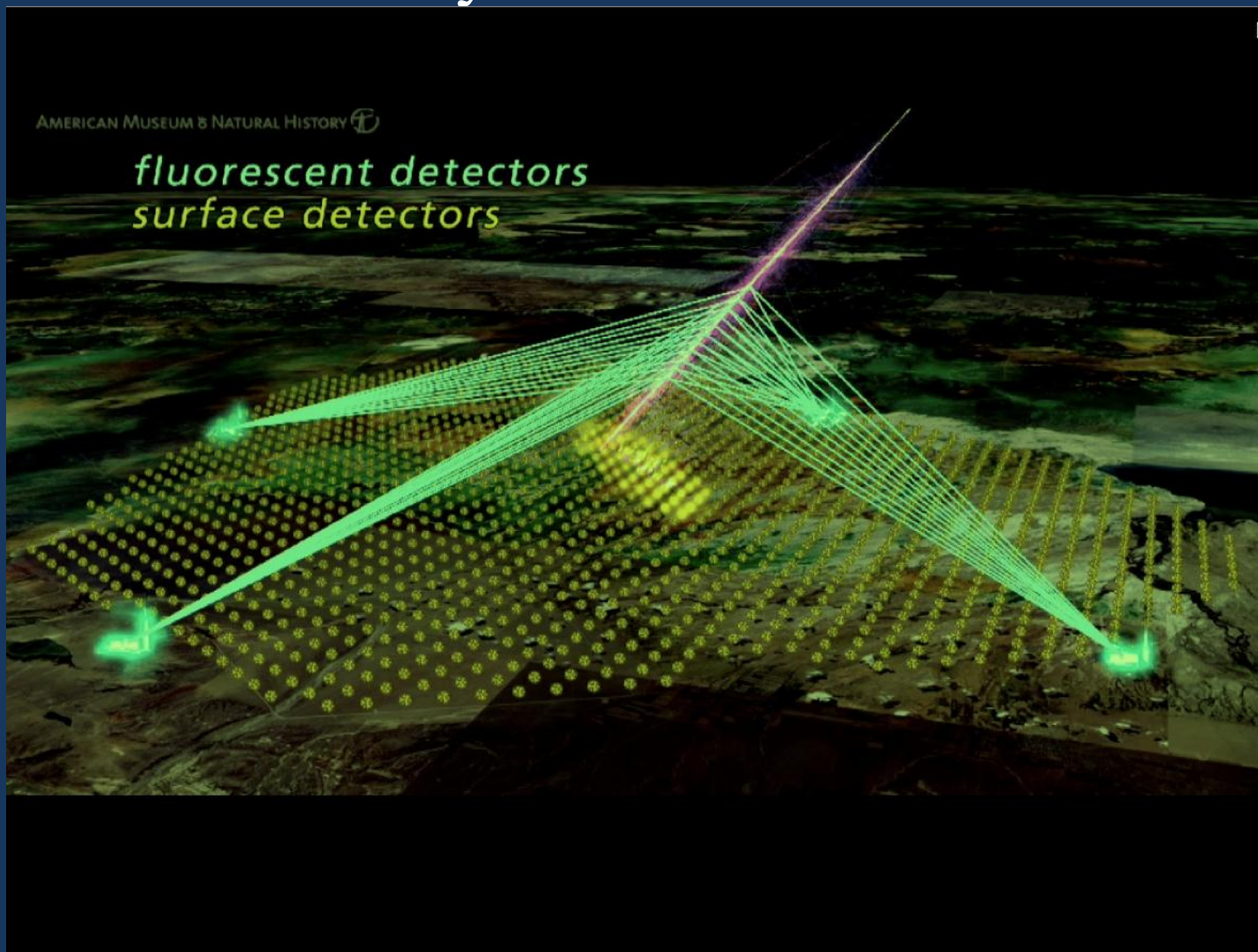
Coihueco playground: denser 'infill' array, radio antenna, underground muon counters

Один из детекторов

view from a tank to the Los Leones FD telescope station



Система регистрации флуоресцентного излучения ШАЛ



Элементы детектора

Антенна связи

GPS
антенна

Электроника

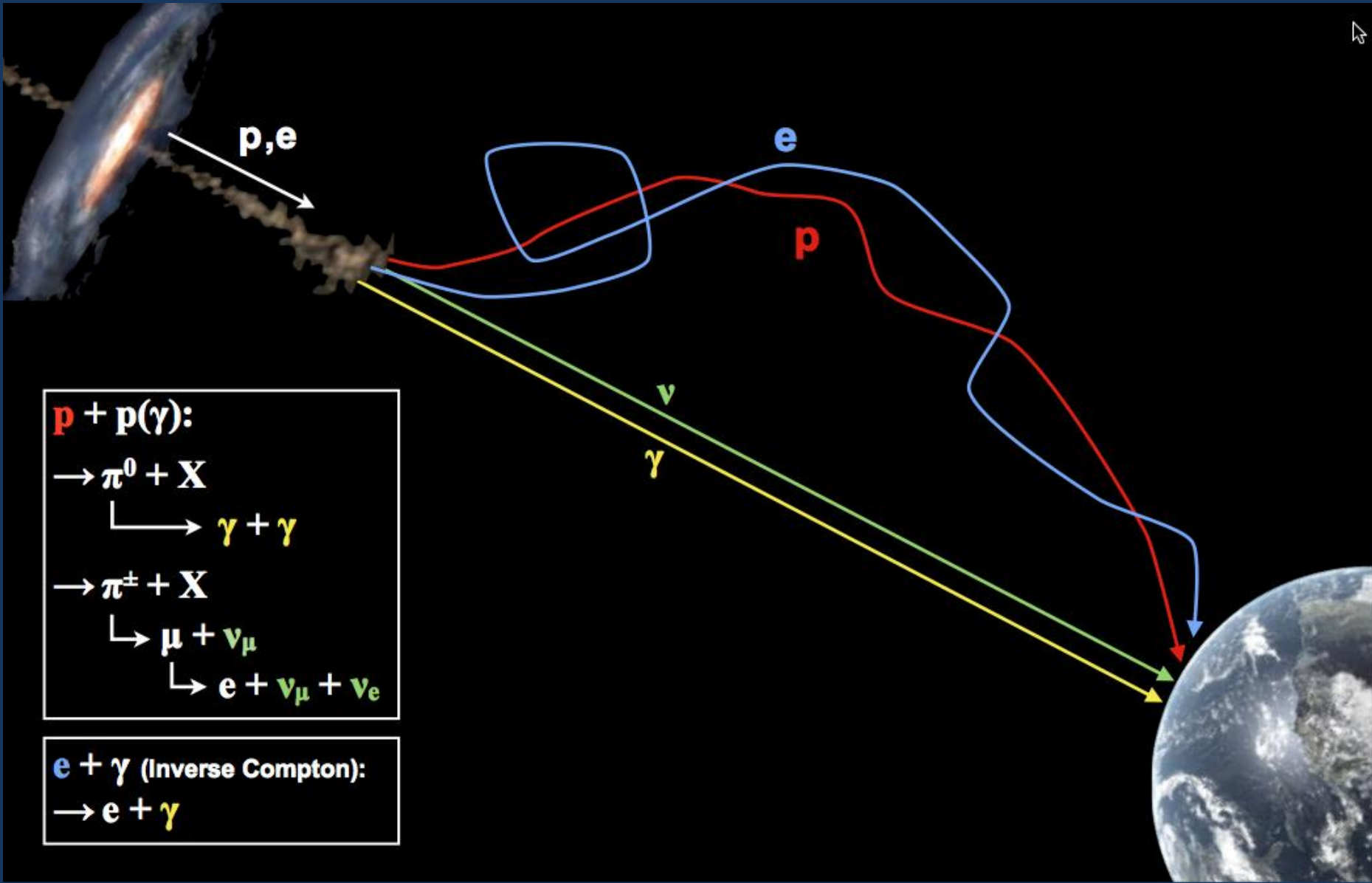
Солнечные батареи

Аккумуляторы

Три ~ 30см
ФЭУ

Пластиковая
емкость для
12 тонн воды





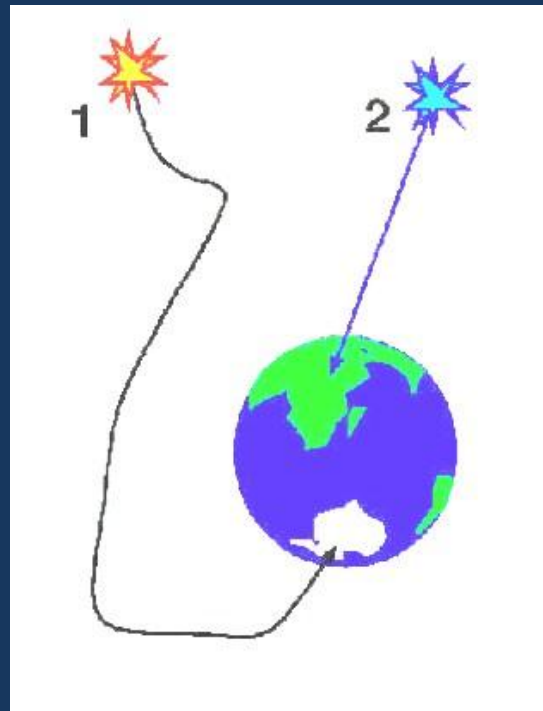
p + p(γ):
 $\rightarrow \pi^0 + X$
 $\quad \quad \quad \hookrightarrow \gamma + \gamma$
 $\rightarrow \pi^\pm + X$
 $\quad \quad \quad \hookrightarrow \mu + \nu_\mu$
 $\quad \quad \quad \quad \quad \hookrightarrow e + \nu_\mu + \nu_e$

e + γ (Inverse Compton):
 $\rightarrow e + \gamma$

Космические лучи с энергией $E > 10^{19}$ эВ – новый способ изучения вселенной (дополнительный к традиционной оптической астрономии)

$E < 10^{18}$ эВ

$E > 10^{19}$ эВ



*Научно-образовательный
интернет-проект
“Ливни Знаний”*



Мотивация

- Новейшая История дает многочисленные примеры в подтверждение той мысли, что основным капиталом нации в современном мире – это не столько уровень запасов природных ресурсов, сколько уровень образования населения.
- Этот уровень должен иметь определенную оптимальную структуру. Не может 100% образованных людей быть специалистами в инновациях или нанотехнологиях, не говоря уже о финансистах или юристах! Общество здорово и имеет стабильные перспективы развития только в том случае, если структура образования квалифицированной части этого общества включает в себя всю сумму современных знаний – от фундаментальных наук до чисто прикладных или потребительских.



Мотивация

- Новейшая История дает многочисленные примеры в подтверждение той мысли, что основной капитал нации в современном мире – это не столько уровень запасов природных ресурсов или мощь армии, сколько уровень образования населения.
- Этот уровень должен иметь определенную оптимальную структуру. Не может 100% образованных людей быть специалистами в инновациях или нанотехнологиях, не говоря уже о финансистах или юристах! Общество здорово и имеет стабильные перспективы развития только в том случае, если структура образования квалифицированной части этого общества включает в себя всю сумму современных знаний – от фундаментальных наук до чисто прикладных или потребительских.



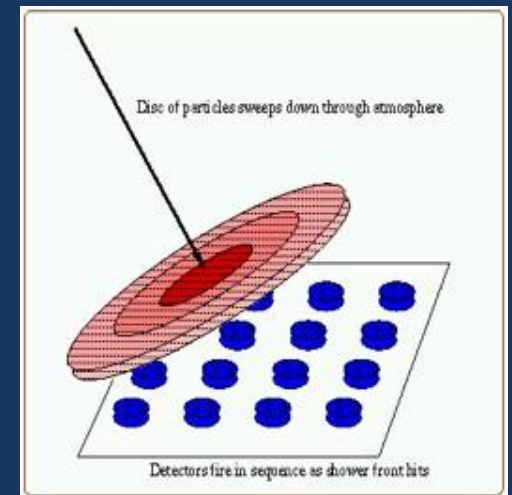
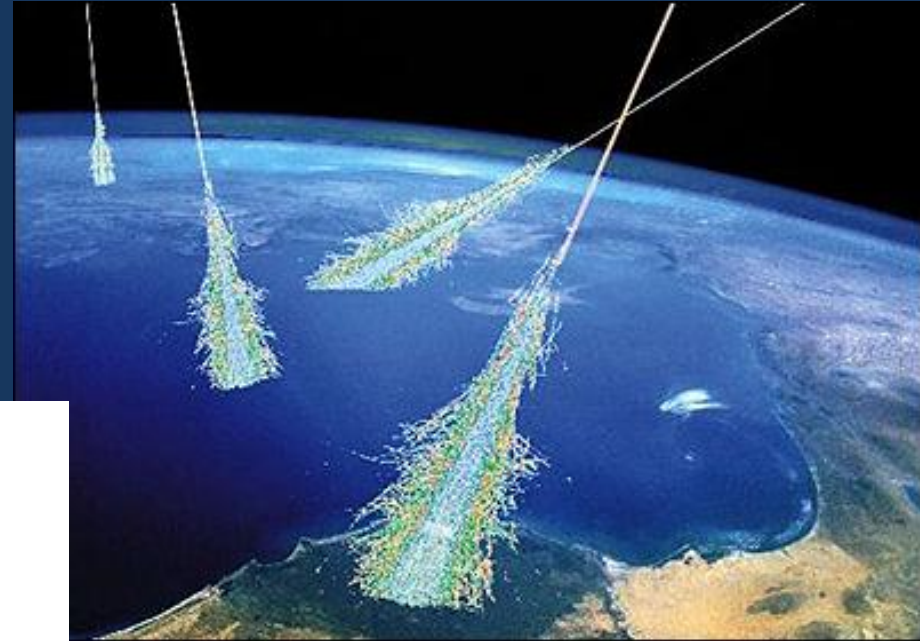
Мотивация

- Интерес и, как следствие, уровень понимания и поддержки фундаментальных наук в обществе уменьшается.
- Одна их ключевых проблем в этой области - все возрастающий разрыв между объектами исследования современной науки и содержанием курсов преподавания в школах/ВУЗах.
- Слабая мотивация молодежи к занятию наукой.
- Эффективность специального образования определяется прежде всего:
 - качеством преподавания и
 - системой отбора наиболее одаренной молодежи.

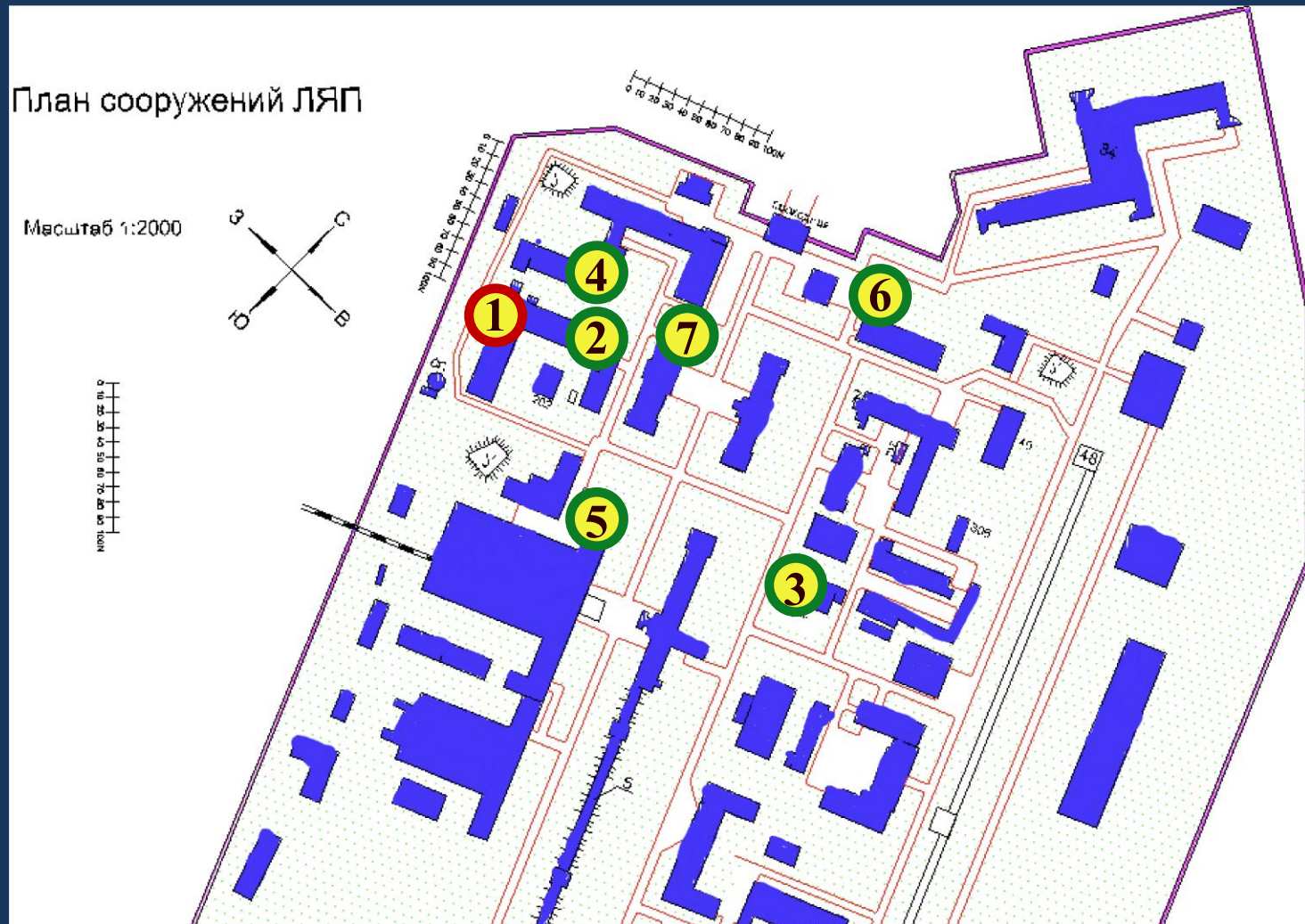
ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

- Рассматриваемый проект - это попытка внести вклад в решение этих задач путем создания интернет-проекта на базе реального эксперимента в области исследования космических лучей с возможностью активного участия в анализе данных любого посетителя Интернета.

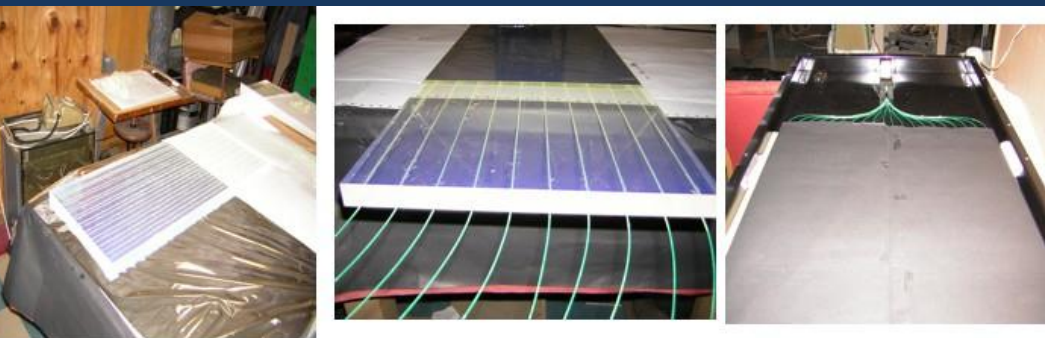
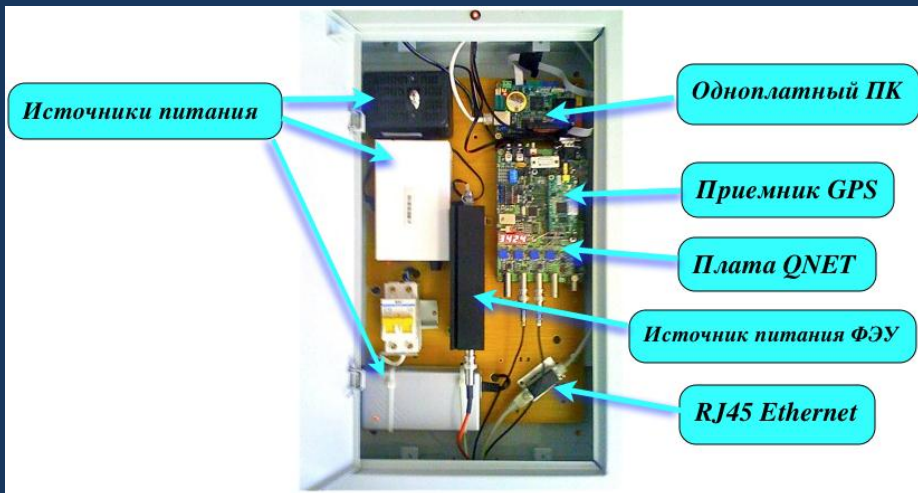
Идея установки



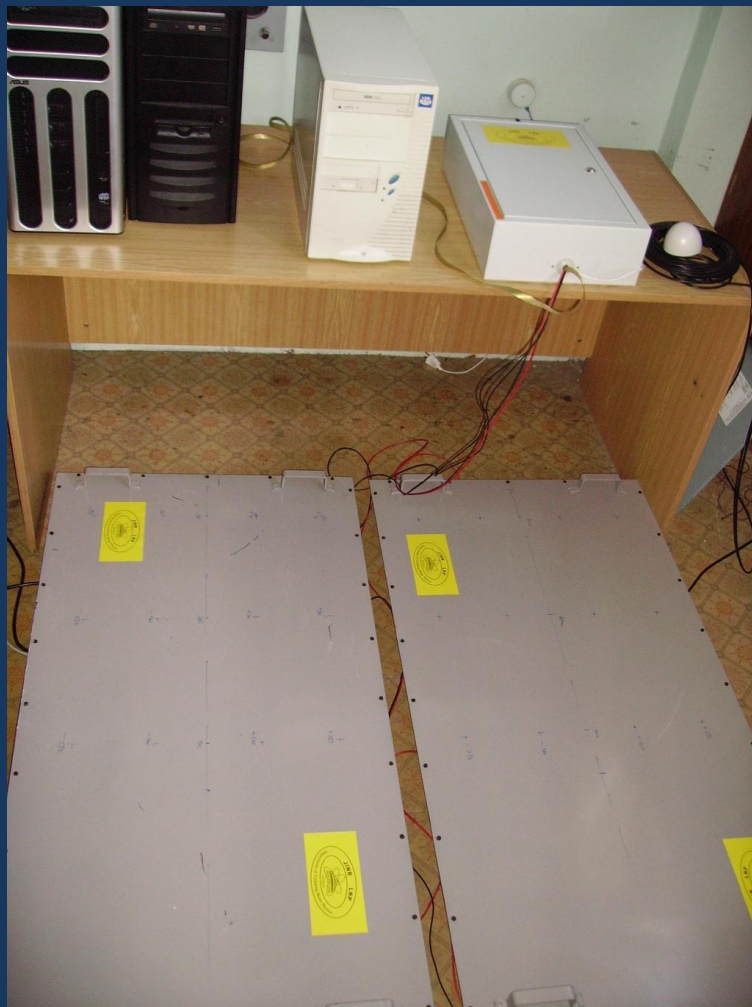
ПЛАН РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕТЕКТИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ в ОИЯИ



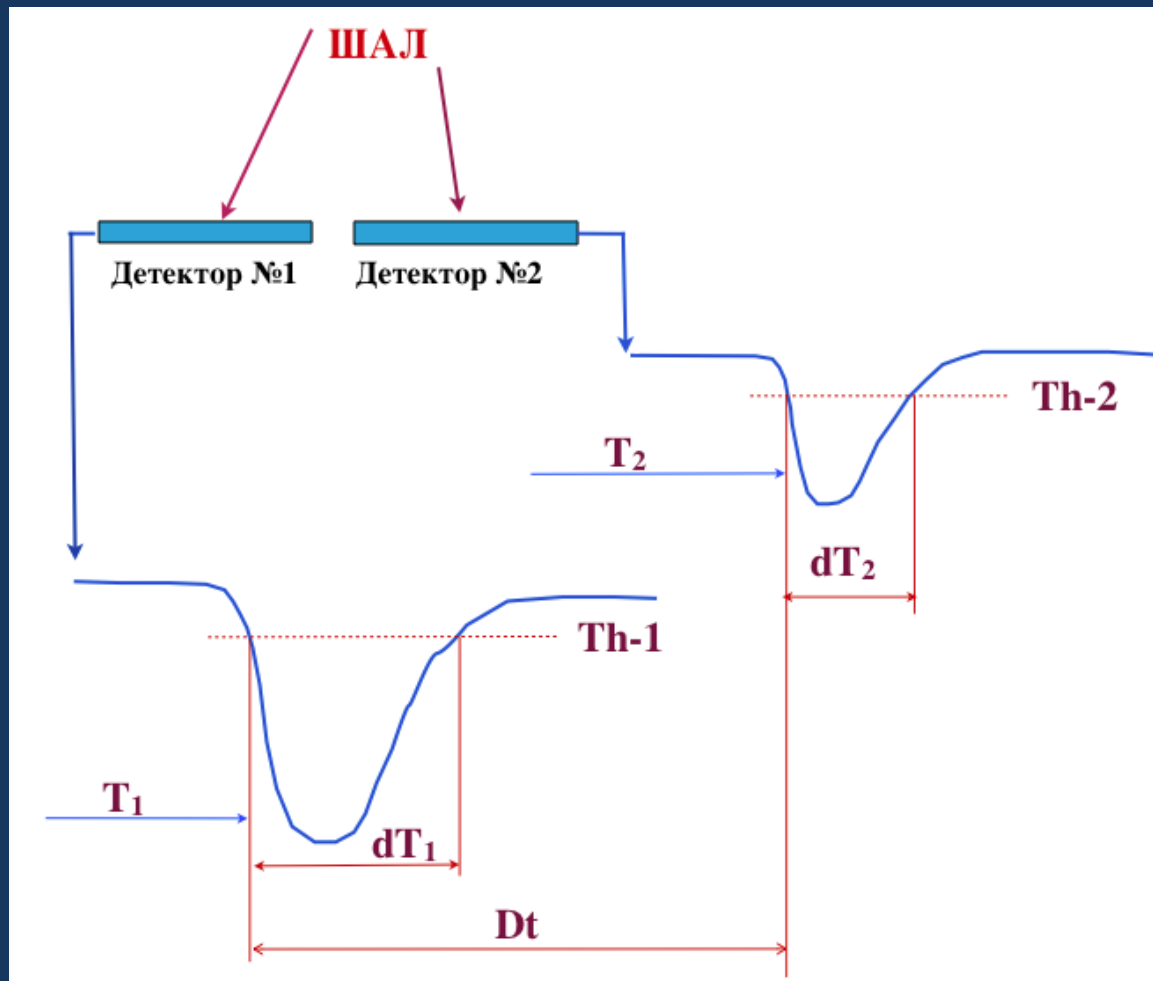
Детектирующая станция



Комплект детектирующей станции



Информация о событии



Набор данных в реальном времени

Статус станций и суммарное кол-во событий, набранных на площадке ОИЯИ (см. статистику)

LNP1	LNP2	LNP3	LNP4	LNP5	LNP6	LNP7	767929479
------	------	------	------	------	------	------	-----------

Научные результаты участников

Общее кол-во посчитанных физических задач и составленных научных отчетов
Научных отчетов Физических задач Общее время счета(ч:м:с)

6	1826	4:36:24
---	------	---------

Путеводитель для новичков

Для осознанного анализа получаемых результатов желательно разобраться со следующими вопросами и выполнить ряд заданий по следующему списку. Выполнение заданий в данном проекте - это как исполнение гамм музыкантом или тренировки спортсмена. Чем больше вы их выполните, чем быстрее привыкните понимать в полном объеме, что следует из возникающих после выполнения задания графиках - тем проще вам будет подойти к возможности самостоятельного выполнения осмысленных и научно-значимых исследований.

1. Понятие статистически распределенной (случайной) величины. См описание задач Rate(time) и соответствующие материалы (Случайные величины) в разделе "Чтиво" в разделе "Справочник"

2. Точность определения такой случайной величины и как ее определить по нашим данным. См описание задач Rate(time) и соответствующие материалы (Чем определяется точность проведенных экспериментальных измерения) в разделе "Чтиво" в разделе "Справочник"

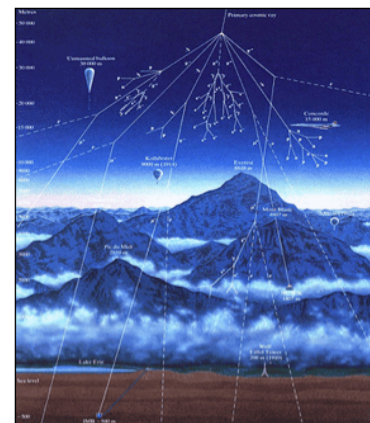
3. Что именно и как регистрируется нашей установкой? См. раздел "Установка" особенно подпункт "Данные".

4. Что такое временное совпадение сигналов и система предварительного отбора событий - триггер (Trigger). В этом месте очень важно "посмотреть вместе с нами в осциллограф" на реальные сигналы, поступающие от сцинтилляционных детекторов. Это пригодится для понимания всего последующего материала. "Лучше один раз увидеть ...". См материал в разделе Проект --> Видео.

5. Что такое истинные и случайные совпадения? События класса А и В в нашей установке. ... **(Продолжение)**

Проект "Ливни Знаний"

Узнай больше о Космосе, Физике и своих возможностях!



Это не сайт знакомств!

Это не интернет-магазин!

Это не соцсеть!

Если Вам больше нравится шевелить мозгами, чем смотреть ящик....

[Вам сюда!](#)

Задачи проекта “Ливни знаний”

Образовательные:

Физика и астрофизика

- *космические лучи*
- *элементарные частицы*
- *основы космологии*
- *детекторы частиц*
- *методы обработки данных*
- *общая физика*

Математика

- *случайные величины*
- *теория вероятности и мат. статистика*

Техника

- *основы микроэлектроники*
- *ГЛОНАСС и GPS*

Научные:

- *постоянное мониторингирование ШАЛ*
- *Поиск скоррелированных во времени или в пространстве ШАЛ (диссоциация ядер, взаимодействия с космическими микро объектами (пыль, метеориты ...))*

Аналогичные проекты.

<i>Название</i>	<i>Страна</i>	<i>Начало</i>	<i>Участники</i>
ALTA/NALTA	USA	1997	> 15 Universities > 80 High schools
EUROCOSMIC  <ul style="list-style-type: none"> - OCRE - HELYCON - Sky-View - DUKS - HiSPARK - TRC - MAZE 	Бельгия Греция Германия Дания Нидерланды Португалия Польша	2003(?) 2006 2001 2003(?) 2002 2004 2004	5 Universities + Second. schools 6 Universities 2 Universities + schools 8 Clusters 10 Schools Lodz Univ. + Second. schools
EEE Extreme Energy Events	Италия	2005	INFN + Universities + Second. schools
CZELTA	Чехия	2004	IEAP, CTU (Prague) + High schools

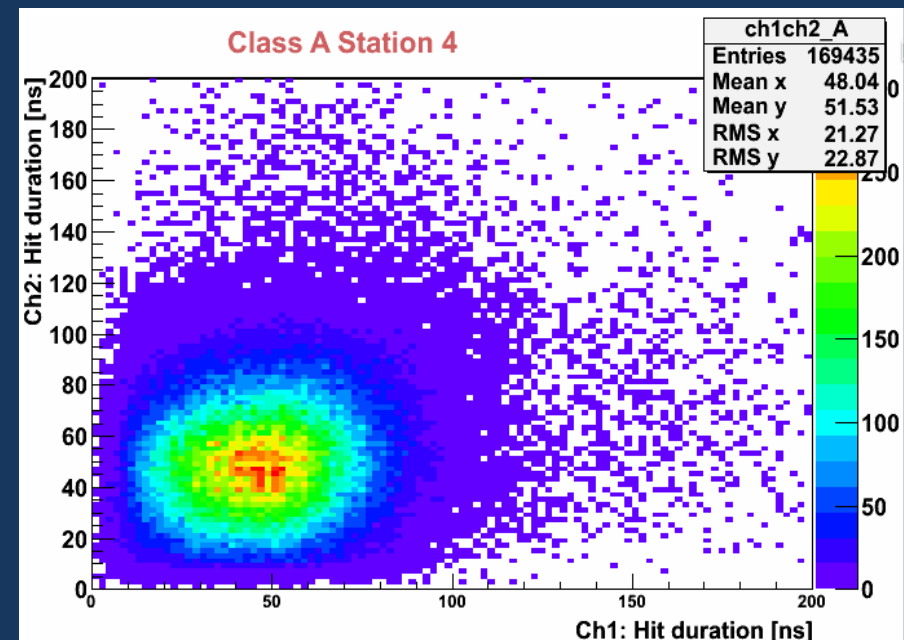
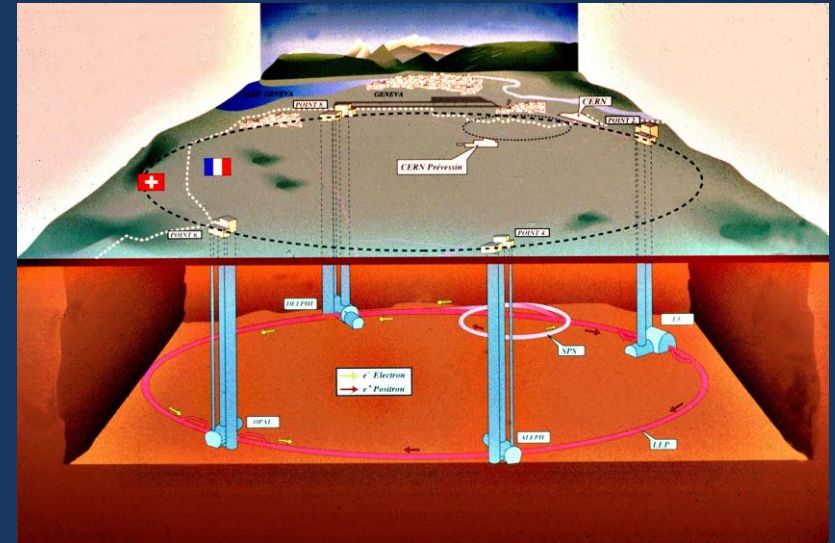
Особенности данного проекта

Есть два главных отличия данного проекта от проектов-предшественников:

- отказ от принципа размещения отдельных детектирующих станций в учебных учреждениях и переход к созданию компактных и достаточно мощных (> 5 станций) кластеров в специализированных научных центрах.
- создание интерактивного интернет-сайта для свободного доступа и последующего контакта участников со специалистами физиками.

Общие черты «Русалки» и современных экспериментов

1. Современные установки (ATLAS, CMS, ...) малодоступны после запуска и вся последующая работа происходит через Интернет.
2. Результаты представляются в том же самом графическом виде. Для этого используется пакет программ принятый в ФВЭ - ROOT.



Отличие «РУСАЛКи» от современных экспериментов

1. Установка «РУСАЛКА» существенно проще любой современной установки для исследования космических лучей.
2. Вследствие этого круг научных проблем, которые можно изучать с ее помощью крайне ограничен.
3. Уровень квалификации исследователей...

Спасибо за внимание!

Приглашаю всех, кто хочет более подробно узнать как можно стать участником проекта «Ливни Знаний», посетить практическое занятие «Как работает проект «Ливни знаний»» с 14 до 17 часов (две группы) в четверг 1 ноября в 512 (?) здании .

Back-up slides

В 1901 г. Жан Анри Дюнан, швейцарский гуманист и основатель Международного комитета Красного Креста (МККК), стал первым лауреатом Нобелевской премии мира, за вклад в мирное сотрудничество народов.

1904г. И.П.Павлов (Физиология и Медицина)

1908г. И.И.Мечников (Физиология и Медицина)

1956г. Н.Н.Семенов (Химия)

1958г. Б.Л.Пастернак

1958г. П.А.Черенков, И.Е.Тамм, И.М.Франк (физика)

1962г. Л.Д.Ландау (Физика)

1964г. Н.Г.Басов, А.М.Прохоров (Физика)