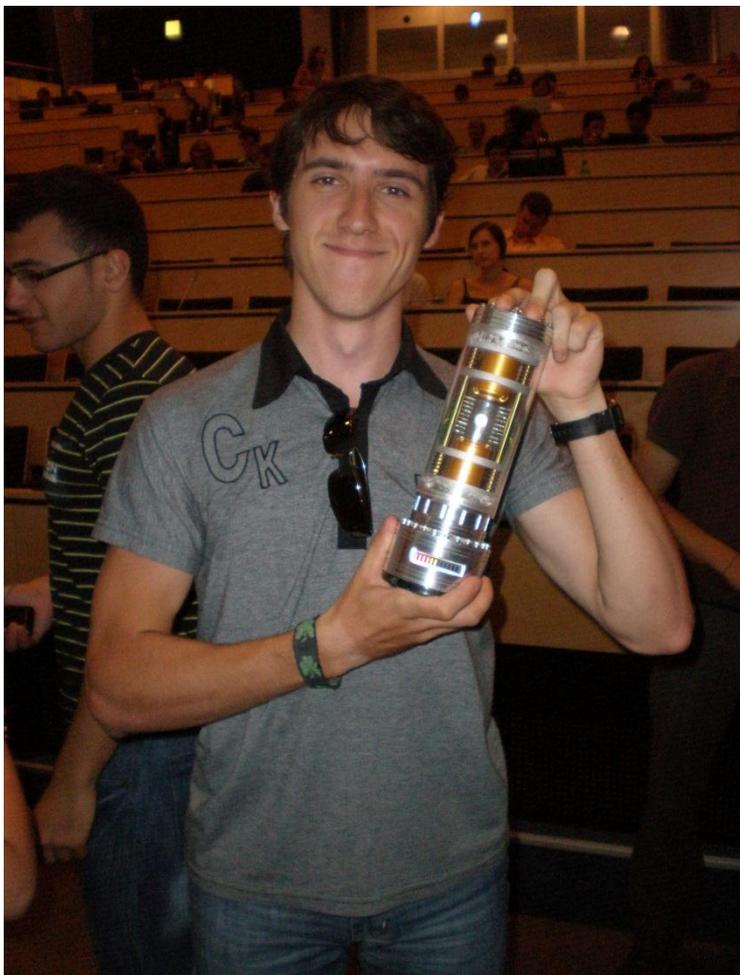


**DUBNA**

# Компьютинг для физики высоких энергий: прошлое и настоящее?

Рассказывает Игорь Пелеванюк

# Обо мне

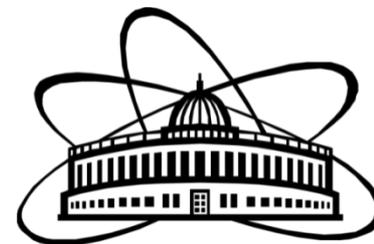


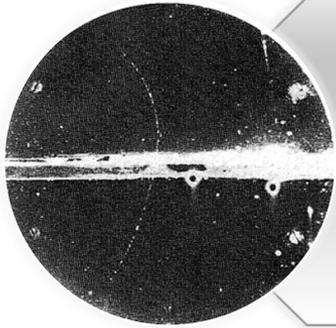
Игорь Пелеванюк (1991)

Окончил - Университет «Дубна»  
в 2013

Профессия – программист

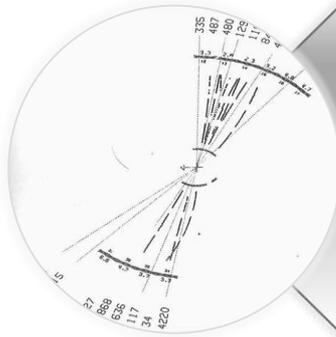
CERN Summer Student 2012  
CERN Technical Student 2013  
2013-2018 – JINR, CERN, IHEP(China)





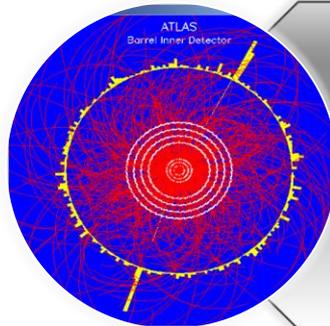
## Открытие в 1930-х

- ~2 учёных в одной комнате
- Карандаш и бумага



## Открытие в 1970-х

- ~200 учёных, ~10 стран
- Мэйнфрэймы

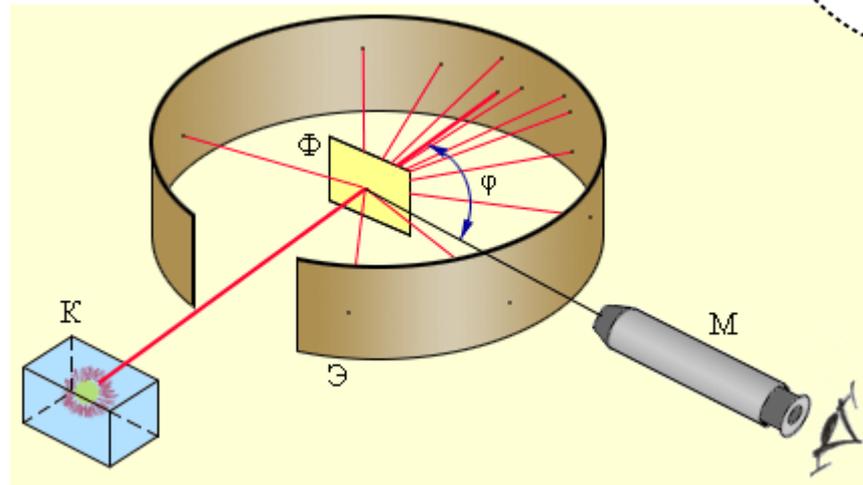
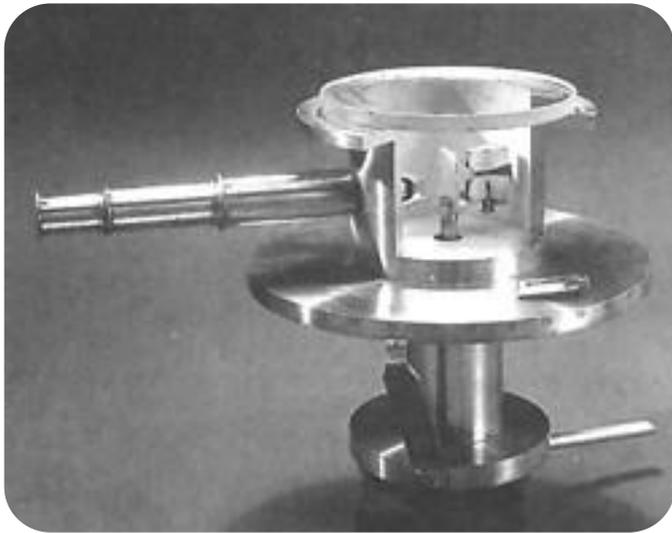
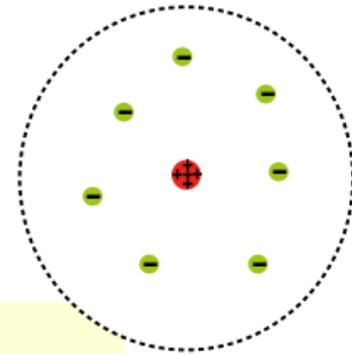


## Открытие сегодня

- ~2000 учёных, ~100 стран
- Распределённые сети, грид

# 100 лет назад...

## Опыт Резерфорда



# 100 лет назад...

## Счётчик Гейгера



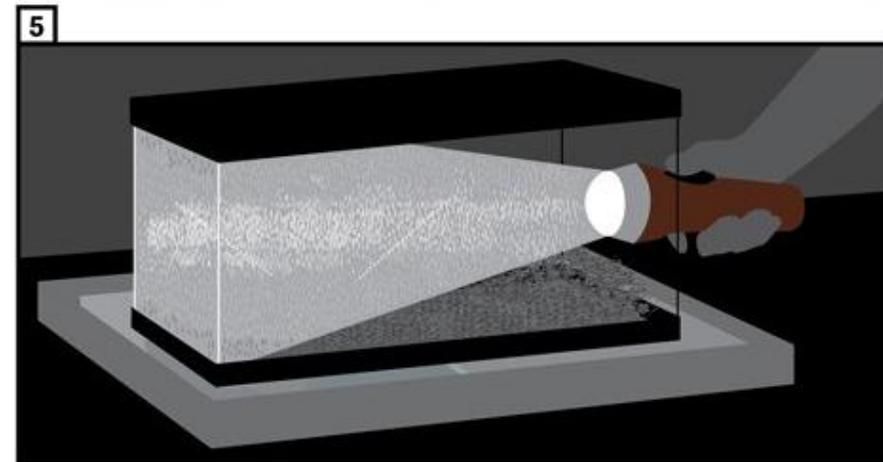
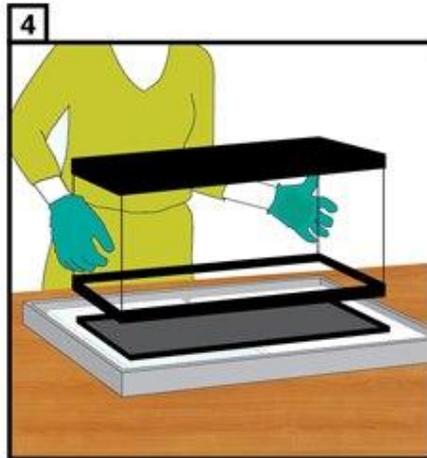
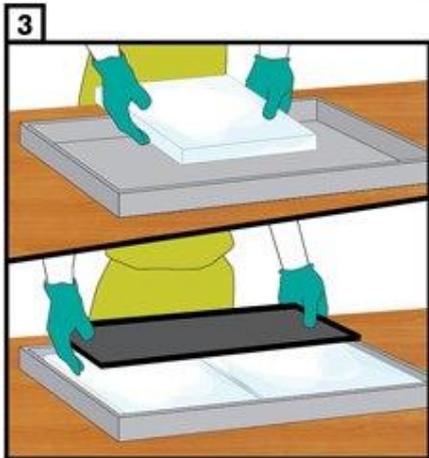
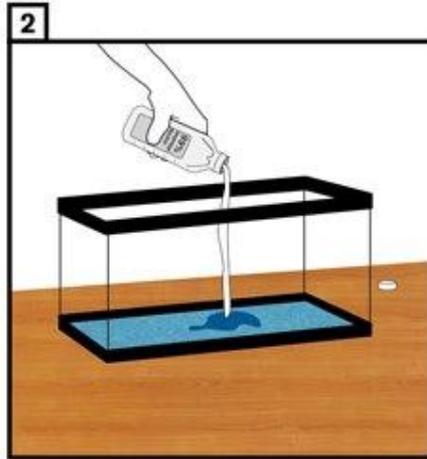
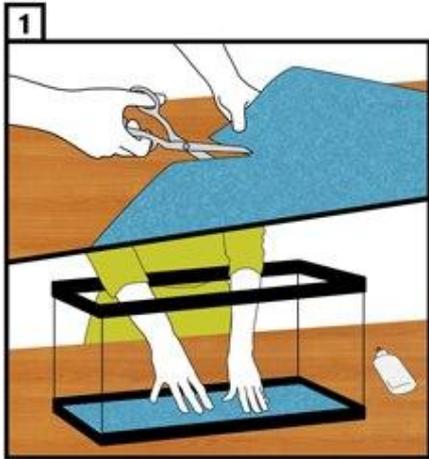
Считает частицы  
До 10000 в секунду  
100% электронов  
1% гамма-квантов

# 80 лет назад ...

## Камера Вильсона

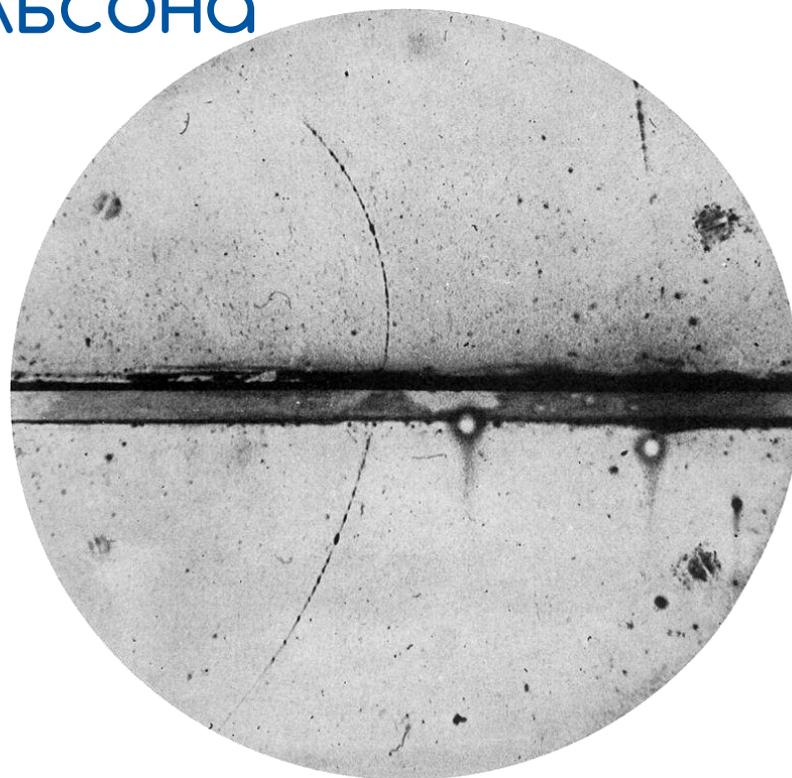
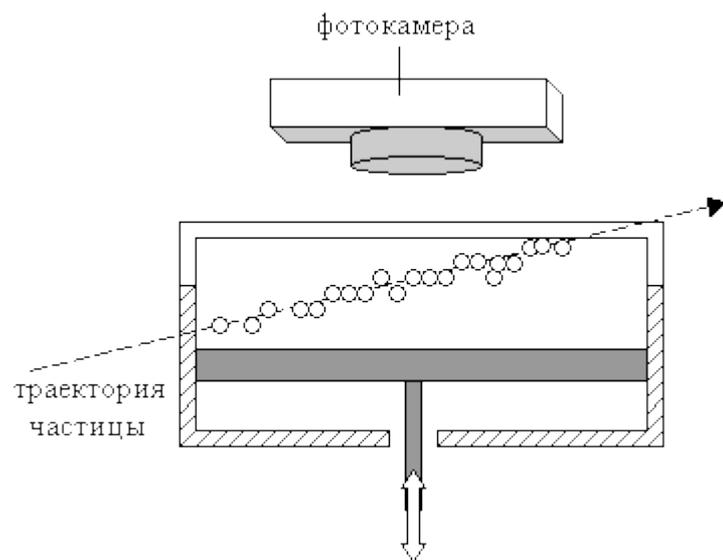


# Как сделать пузырьковую камеру?



# 80 лет назад...

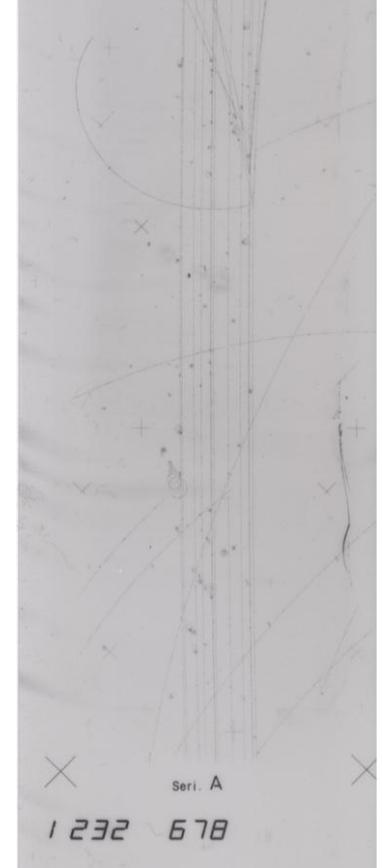
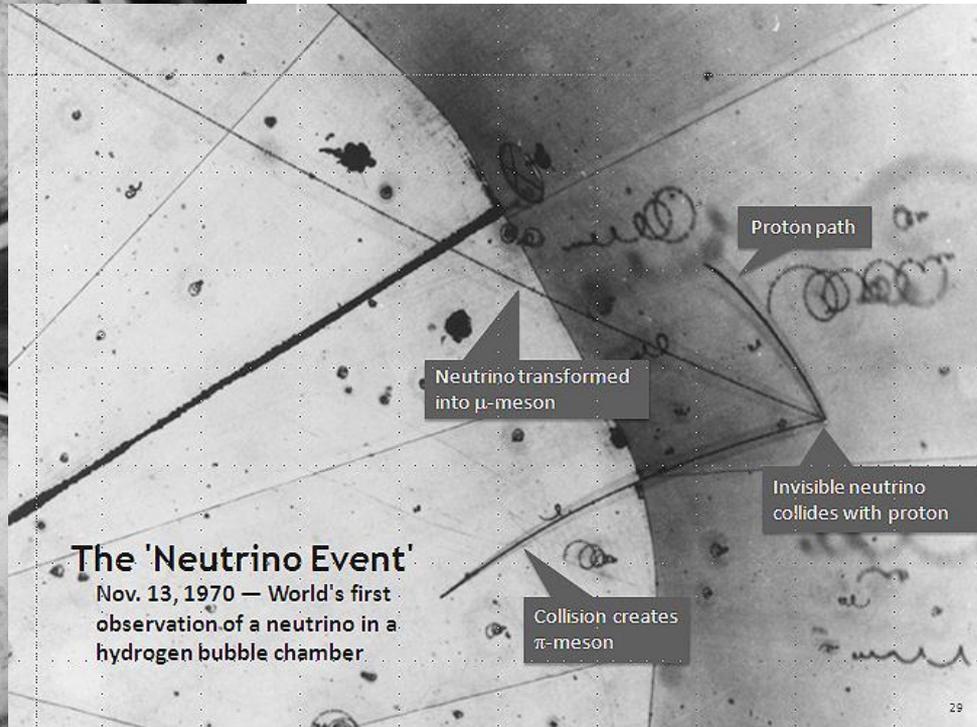
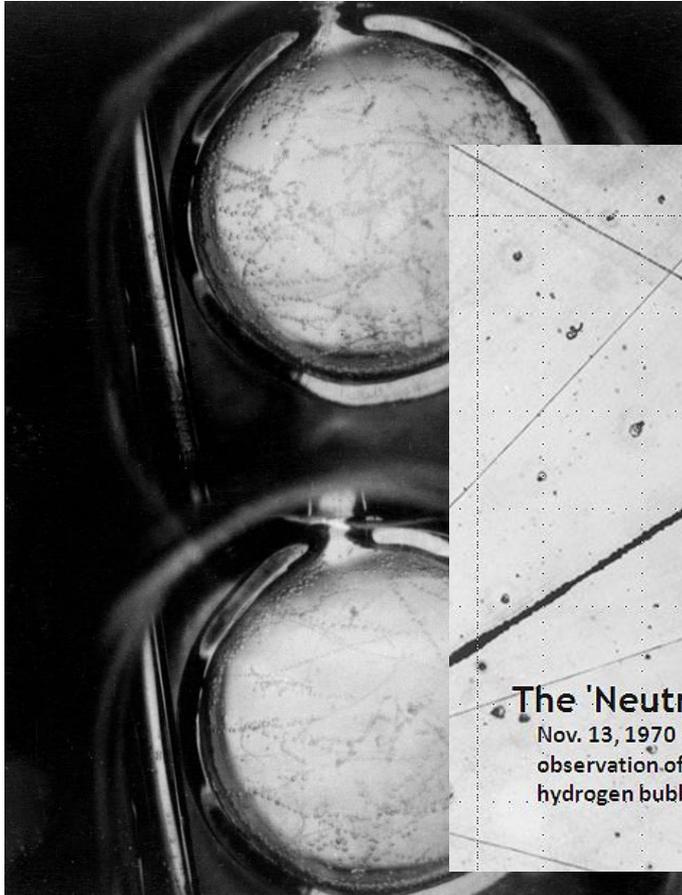
## Камера Вильсона



1932, Андерсон

# 60 лет назад...

## Пузырьковая камера



# 60 лет назад ...

## Камера Вильсона



Диаметр  $d \uparrow =$  Заряд  $q \uparrow$

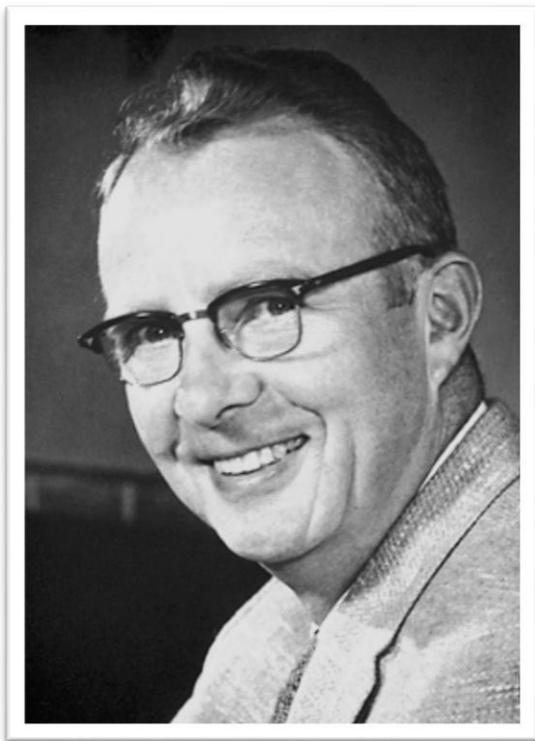
Интервал  $w \uparrow =$  Скорость  $V \uparrow$

Радиус  $R \uparrow = m$  и  $V \uparrow$ ,  $q \downarrow$

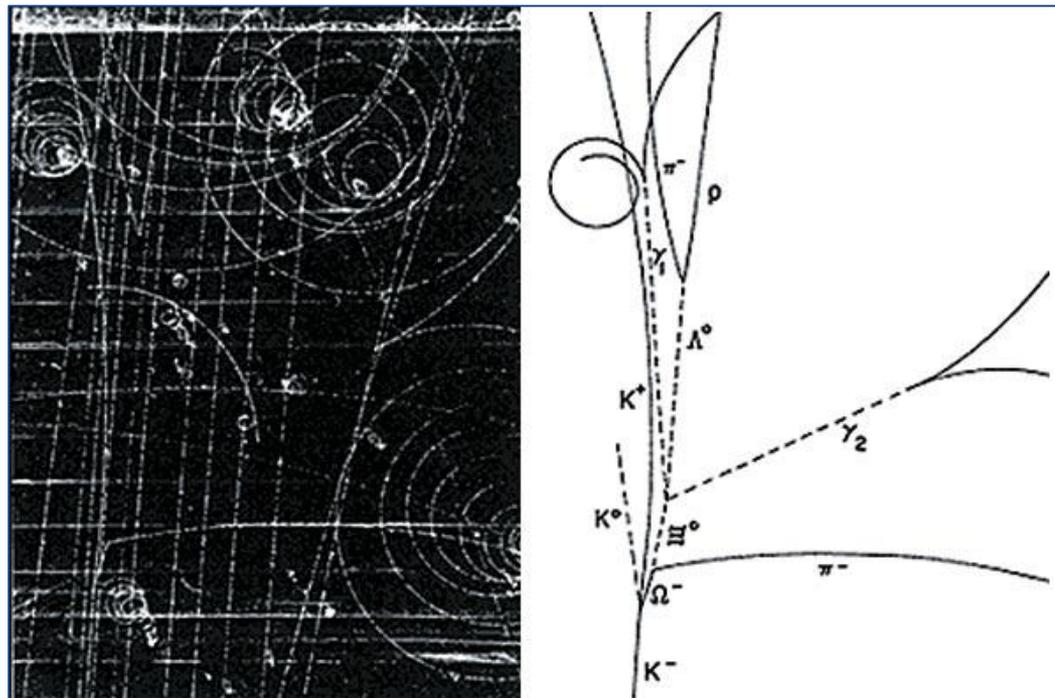
Длина  $L \uparrow =$  Энергия  $W \uparrow$

# 60 лет назад...

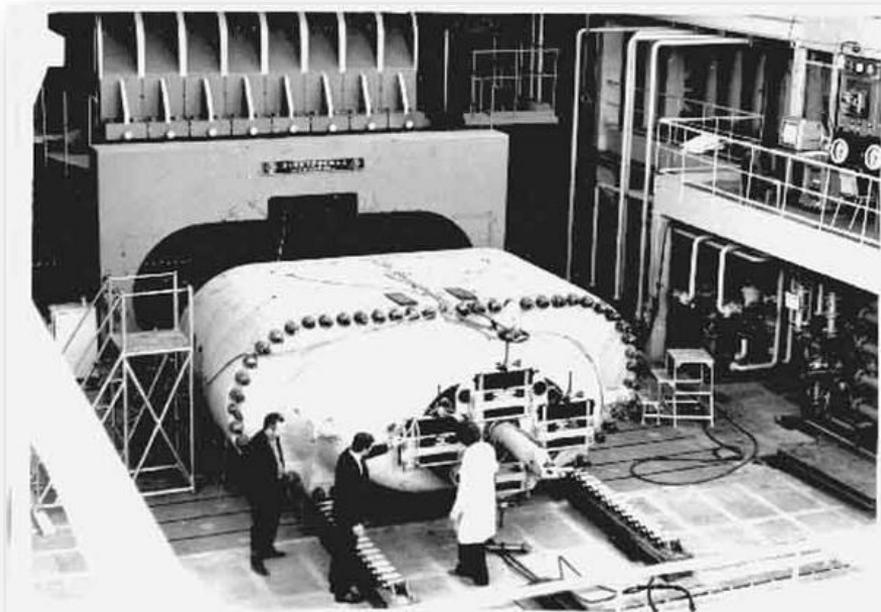
## Пузырьковая камера



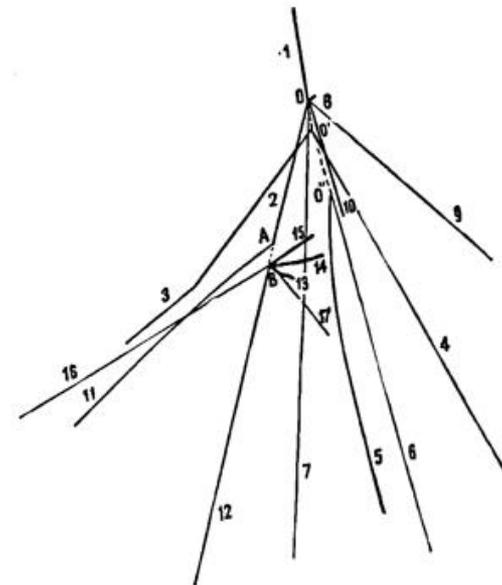
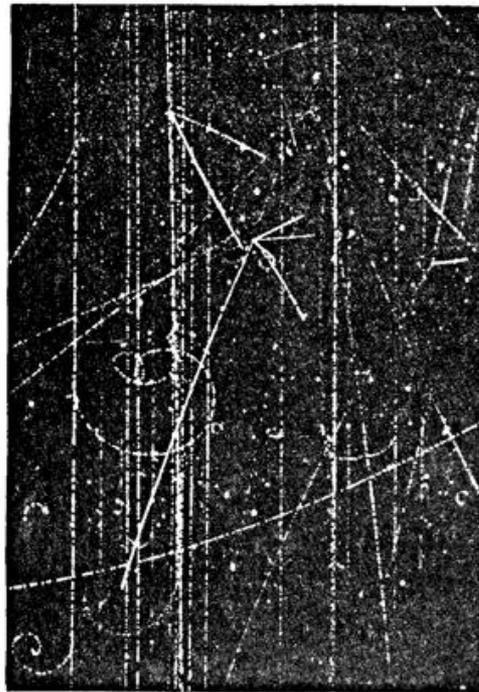
Луис Альварес



# Пузырьковые камеры в ОИЯИ



# Пузырьковые камеры в ОИЯИ



# 50 лет назад ...

Именно производительность средств обработки экспериментальной информации будет, в конечном счёте, определять “производительность” физических исследований

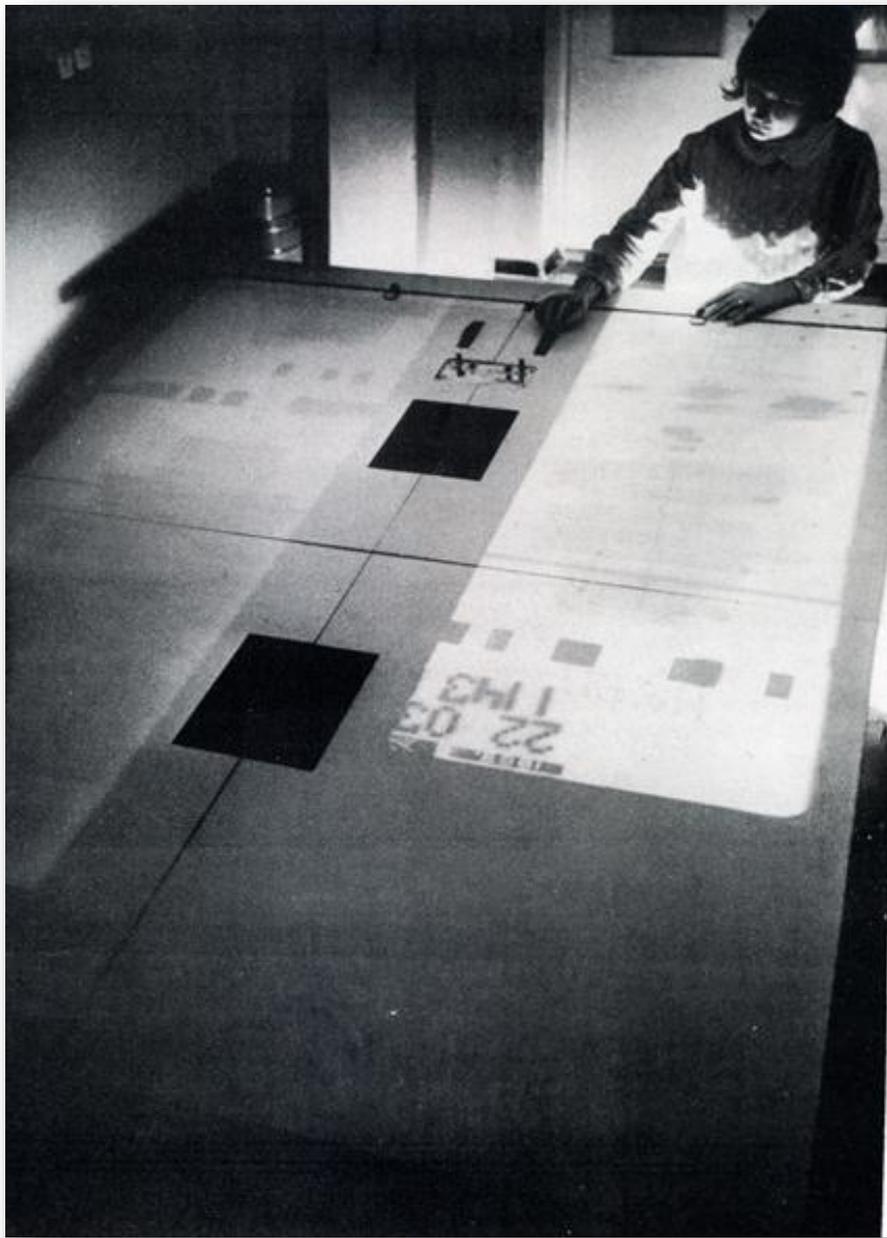
6 августа 1966



# 50 лет назад ...

## Пузырьковая камера





# 40 лет назад ...



Big European Bubble Chamber

## Пузырьковая камера

6.3 миллионов снимков за 11 лет работы

Современные эксперименты набирают столько же за 2 часа.

То что сейчас собирается за 1 секунду раньше собиралось за 13.5 часов

# Интересный факт

# Интересный факт!!!



## 1985 – Cray 2

1.9 GFLOPS

2 GB RAM

Потребление 200kW

Цена– 32.000.000\$

NASA, US Defense ...

## 2010 – iPhone 4

1.6 GFLOPS

512 MB of RAM

Потребление 5.4 W

Цена– 700 \$

Миллионы людей

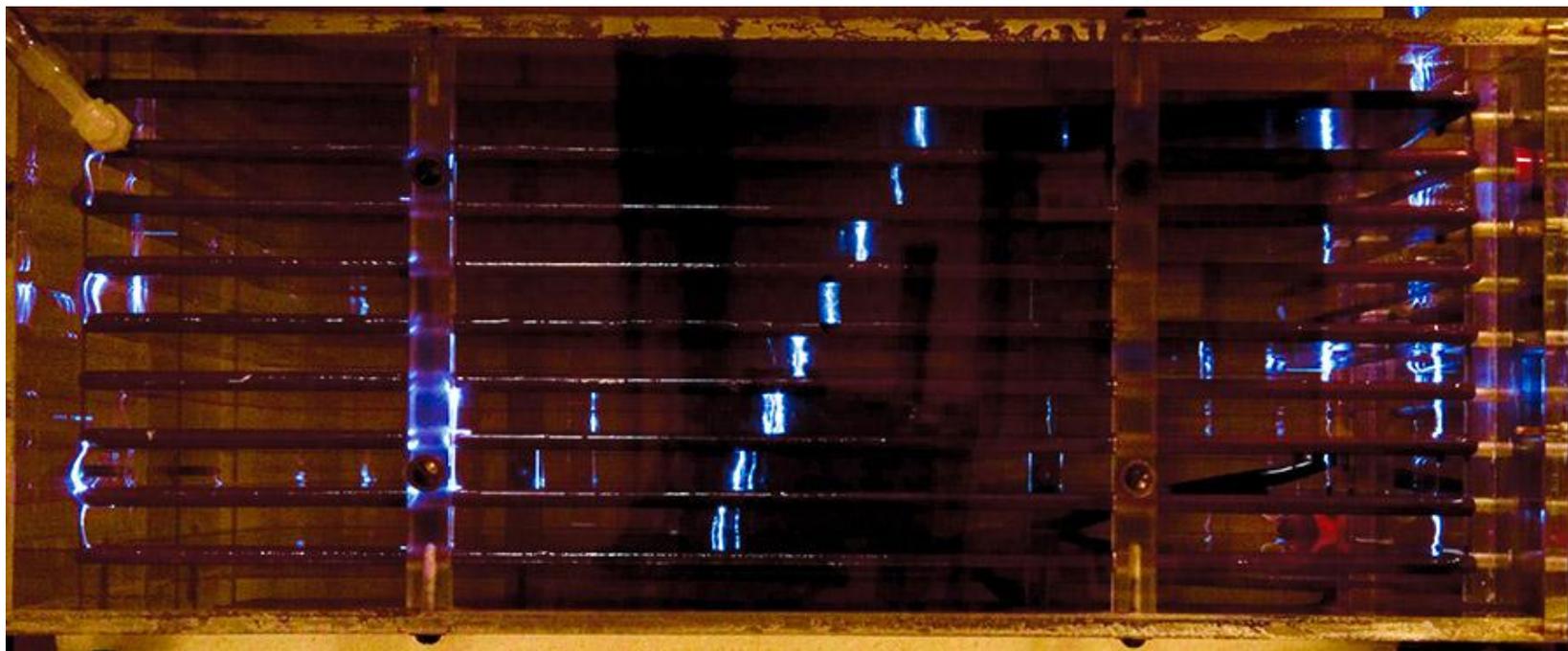


# Интересный факт!!!

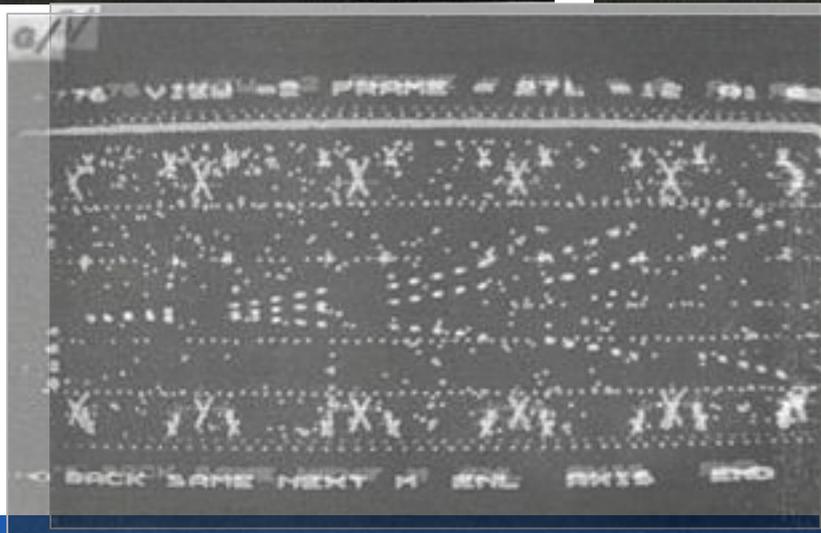
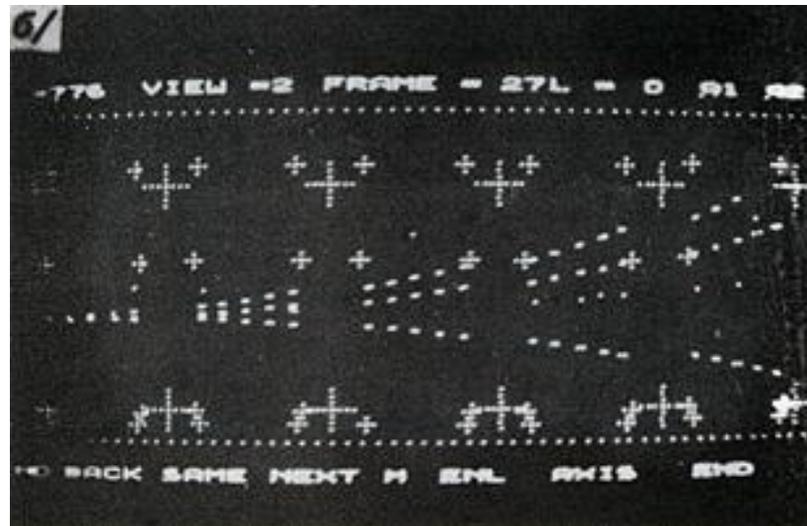
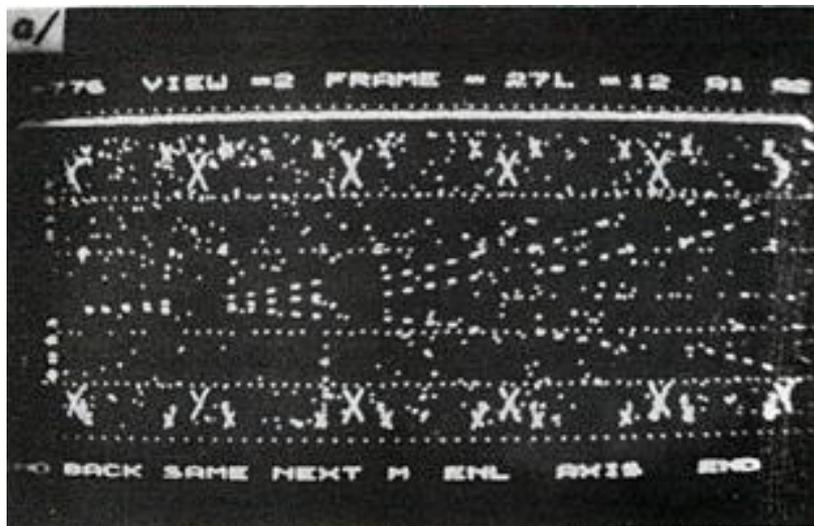
System	MegaFLOP/s	Inflation Adjusted Cost (2010 \$)	Cost per MegaFLOP/s
CDC 6600	1 (Megaflop)	\$49 million	\$49 million
Cray-2	1,000 (1 Gigaflop)	\$32 million	\$32,000
iPad-2	1,650 (1.65 GFLOP/s)	\$699 (64GB storage, no optional 3G plan, no cover)	\$0.42
Lenovo W510 laptop	24,239 (24.23 GFLOP/s)	\$2,100 (i7 920, 2.0GHz quad core, 16GB RAM)	\$0.086
Generic business desktop	39,675 (39.67 GFLOP/s)	\$1700 (i5, 2.66GHz, quad core, 8GB RAM)	\$.0428
Hydra-1 (personal project)	122,680 (122.68 GFLOP/s)	\$10,000 est. (2x Xeon 5690, 3.46 GHz, 6-core, 24GB RAM)	\$.0815
ASCI Red	1,000,000 (1 TeraFLOP/s)	\$76 million	\$76
Roadrunner	1 billion ( 1 PetaFLOP/s)	\$101 million	\$0.10
K Computer	10 billion (10 PFLOPS/s)	\$1.25 billion (to design and build)	\$0.13

# 40 лет назад ...

## Искровая камера

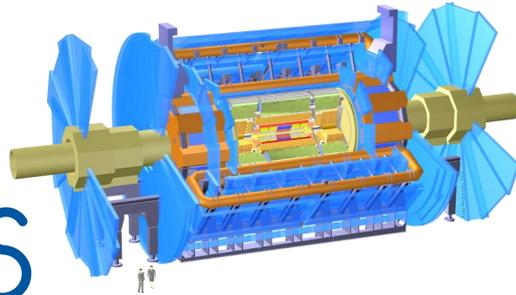


# Искровая камера в ОИЯИ

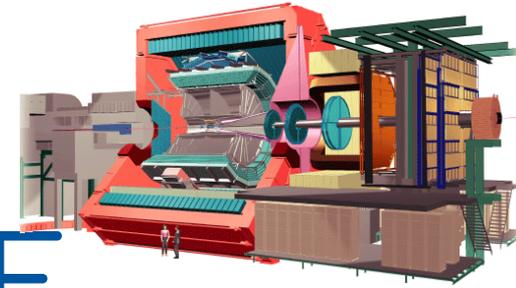


# Large Hadron Collider 1994

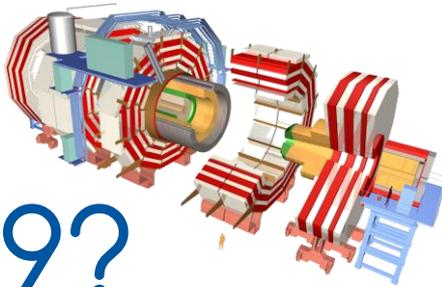
ATLAS  
1995



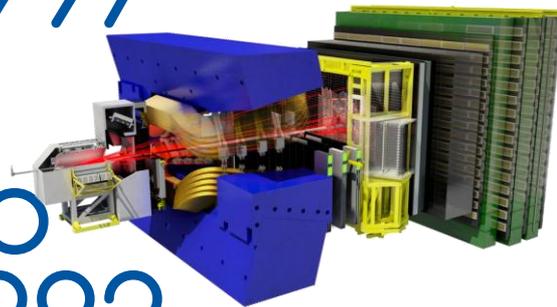
ALICE  
1997



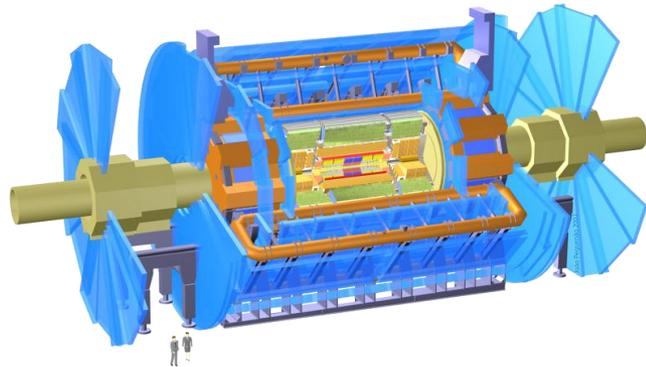
CMS  
1999?



LHCb  
1999?



# ATLAS



13 видов детекторов  
~100 миллионов каналов

1 bunch-cross: ~20 столкновений

~40 миллионов bunch-cross / в 1 сек

~1 миллиардов столкновений в пике

Одно событие - 1.6 MB

Полный поток:  $1.6 \text{ MB} * 1\,000\,000\,000 = 1.6 \text{ PB/sec}$

Мы можем:

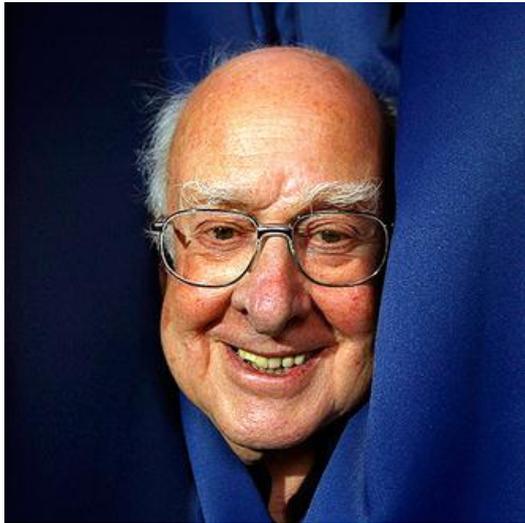
Записывать на диски: 450MB/s,

Собирать события ~300 Hz

За год ~ 4 PB



# Бозон



Вероятность появления Хиггса в конкретном событии на LHC:  $10^{-14}$

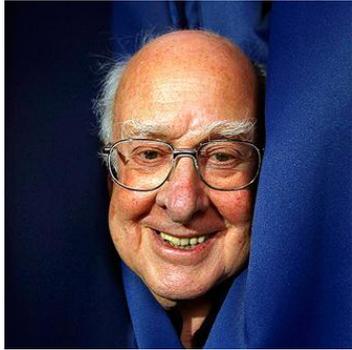
Т.е. при 1 миллиарде событий в сек бозон будет появляться чуть чаще чем раз в 3 часа

Если инициировать считывание и запись данных с детектора случайным образом, вероятность записать событие возникающее с частотой  $0.00001 \text{ Hz}$

равна 0

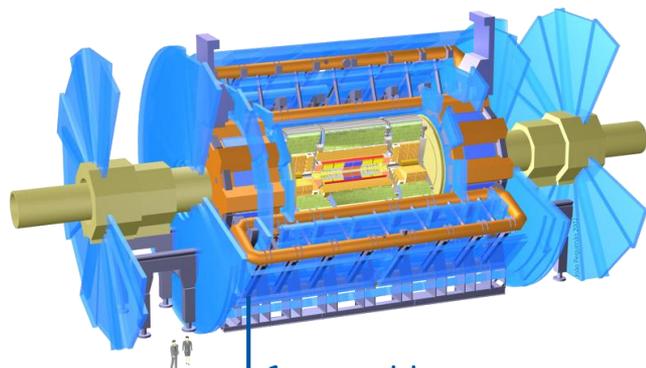
Т.о. нужно фильтровать  
99.9995% событий

# Boson

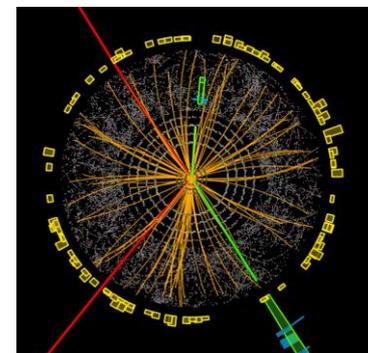
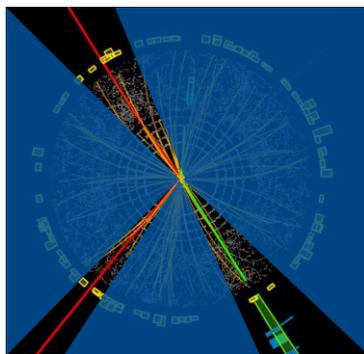
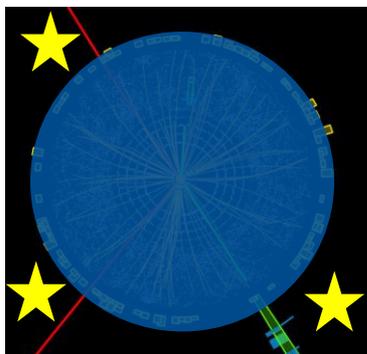
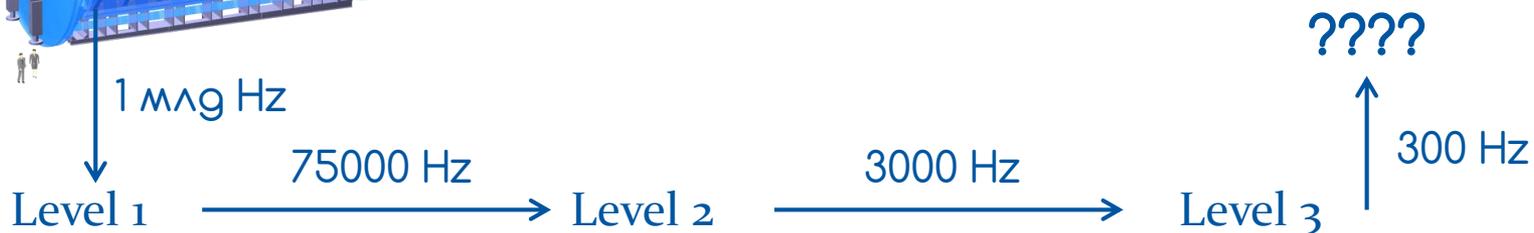


Trigger	Typical offline selection	L1 Peak	EF Avg.
		Rate (kHz)	Rate (Hz)
		$L_{\text{peak}}=7e33/\text{cm}^2\text{s}$	$L_{\text{avg.}}=5e33/\text{cm}^2\text{s}$
Single leptons	Single iso $\mu$ , $p_T > 25$ GeV	8	45
	Single iso $e$ , $p_T > 25$ GeV	17	70
Two leptons	Two $\mu$ 's, each $p_T > 15$ GeV	1	5
	Two $\mu$ 's, $p_T > 20, 10$ GeV	8	8
	Two $e$ 's, each $p_T > 15$ GeV	6	8
	Two $e$ 's, $p_T > 25, 10$ GeV	17	5
	Two $\tau$ 's, $p_T > 45, 30$ GeV	12	12
Two photons	Two $\gamma$ 's, each $p_T > 25$ GeV	6	10
	Two $\gamma$ 's, $p_T > 40, 30$ GeV	6	7
Single jet	Jet ( $R = 0.4$ ), $p_T > 360$ GeV	2	5
	Jet ( $R = 1.0$ ), $p_T > 470$ GeV		2
$E_T^{\text{miss}}$	$E_T^{\text{miss}} > 150$ GeV	2	17
Multi-jets	4 jets, each $p_T > 85$ GeV	1	8
	5 jets, each $p_T > 60$ GeV		2
	6 jets, each $p_T > 50$ GeV		4
$b$ -jets	4 jets, each $p_T > 50$ GeV out of which one is $b$ -tagged	1	4
Total		< 75	400

# ATLAS Triggers



Нужно выбрать крайне редкие события (0.00001 Hz, раз в 3 часа) из очень шумного фона (1 млд Hz) 1 из 100 трн



# Сколько событий нужно?

# 5 sigma



For use in case of  
 $5\sigma$  Higgs discovery

1. Check label for  
"Champagne". (Do not  
use "Cava") Remove  
protective cover.



2. Gently twist cork to  
release fluid. (Aim away  
from face)

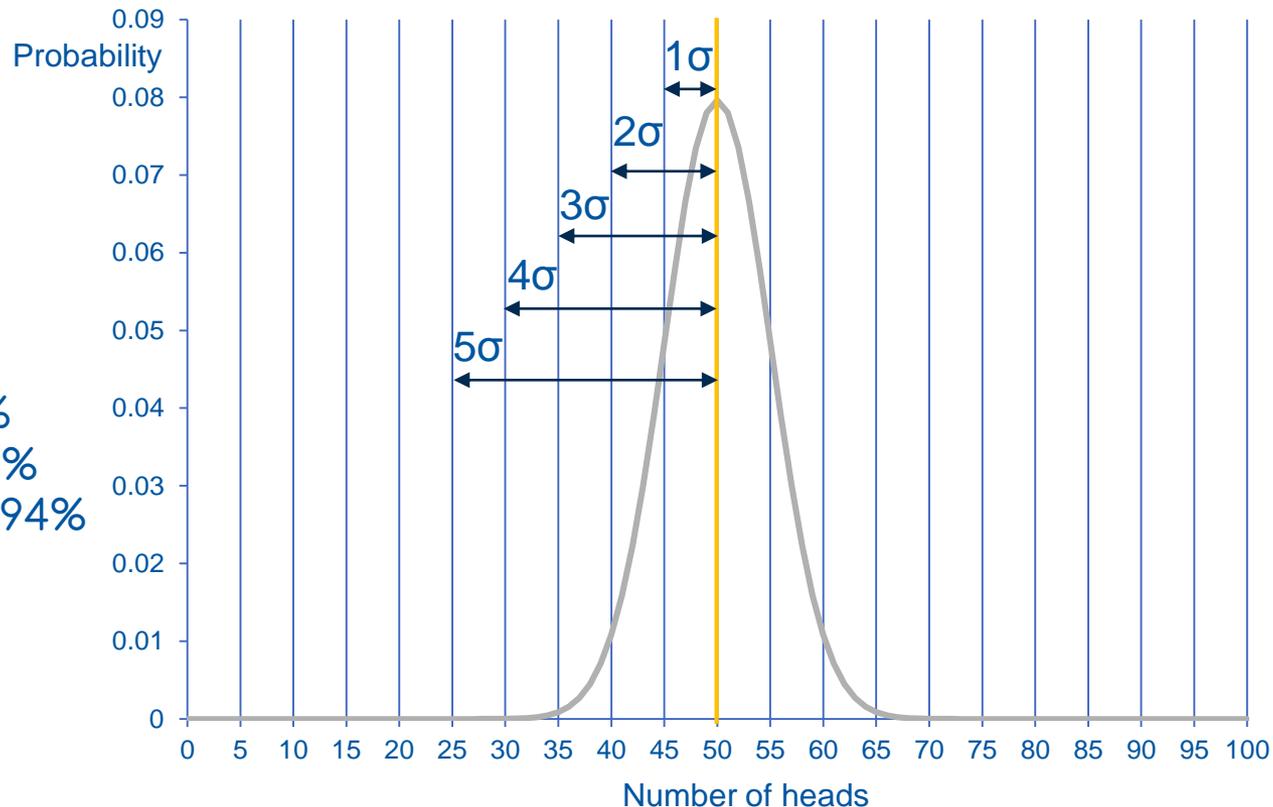


3. Apply fluid to  
Champagne flutes.  
Repeat until all flutes  
are filled.



# 5 sigma(100 coin flips)

Expected number of heads = 50, uncertainty=5

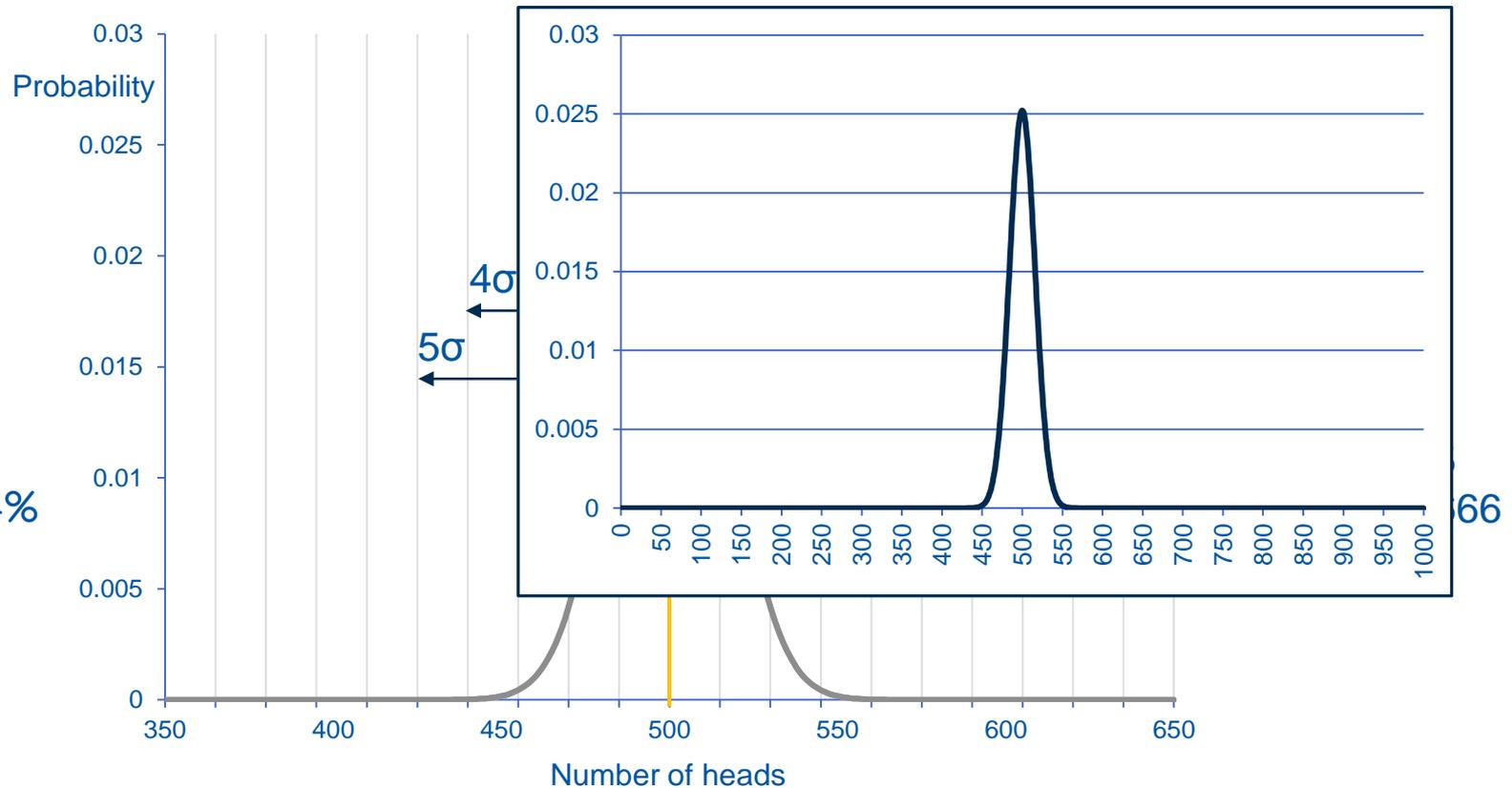


$1\sigma$  - 68,2%  
 $2\sigma$  - 95,5%  
 $3\sigma$  - 99,73%  
 $4\sigma$  - 99,993%  
 $5\sigma$  - 99,99994%

$>1\sigma$  - 1/3  
 $>2\sigma$  - 1/22  
 $>3\sigma$  - 1/370  
 $>4\sigma$  - 1/14285  
 $>5\sigma$  - 1/1666666

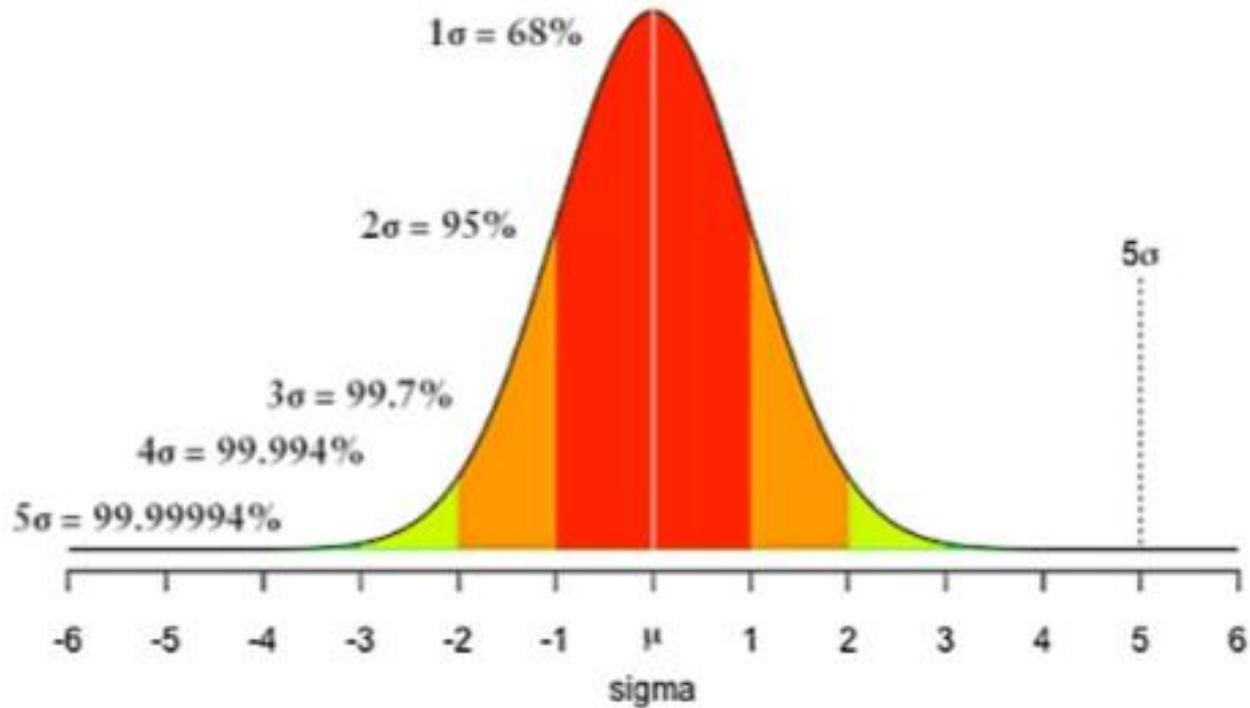
# 5 sigma(1000 coin flips)

Expected number of heads = 500, uncertainty~15



- $1\sigma$  - 68,2%
- $2\sigma$  - 95,5%
- $3\sigma$  - 99,73%
- $4\sigma$  - 99,993%
- $5\sigma$  - 99,99994%

# 5 sigma(any events)



# 5 sigma с монеткой

Как удостовериться, что монетка с двумя орлами действительно с двумя орлами если:

1. Нельзя держать в руках
2. Можно подбрасывать
3. Можно посмотреть на результат?

Считать! Но как долго?



# 5 sigma с монеткой



1σ – 68,2%  
2σ – 95,5%  
3σ – 99,73%  
4σ – 99,993%  
5σ – 99,99994%

Если монетка обычная, то:

1-й бросок(орёл) – 50%	
2-й бросок(тоже орёл) – 25%	1σ
3-й бросок(во всех бросках будут орлы) – 12.5%	
4-й бросок – 6.25%	
5-й бросок – 3.125%	2σ
6-й бросок – 1.5625%	
7-й бросок – 0.78...%	
8-й бросок – 0.39...%	
9-й бросок – 0.19...%	3σ
10-й бросок – 0.097...%	
14-й бросок – 0.006...%	4σ
21-й бросок – 0.00004...%	5σ

# 5 sigma с монеткой



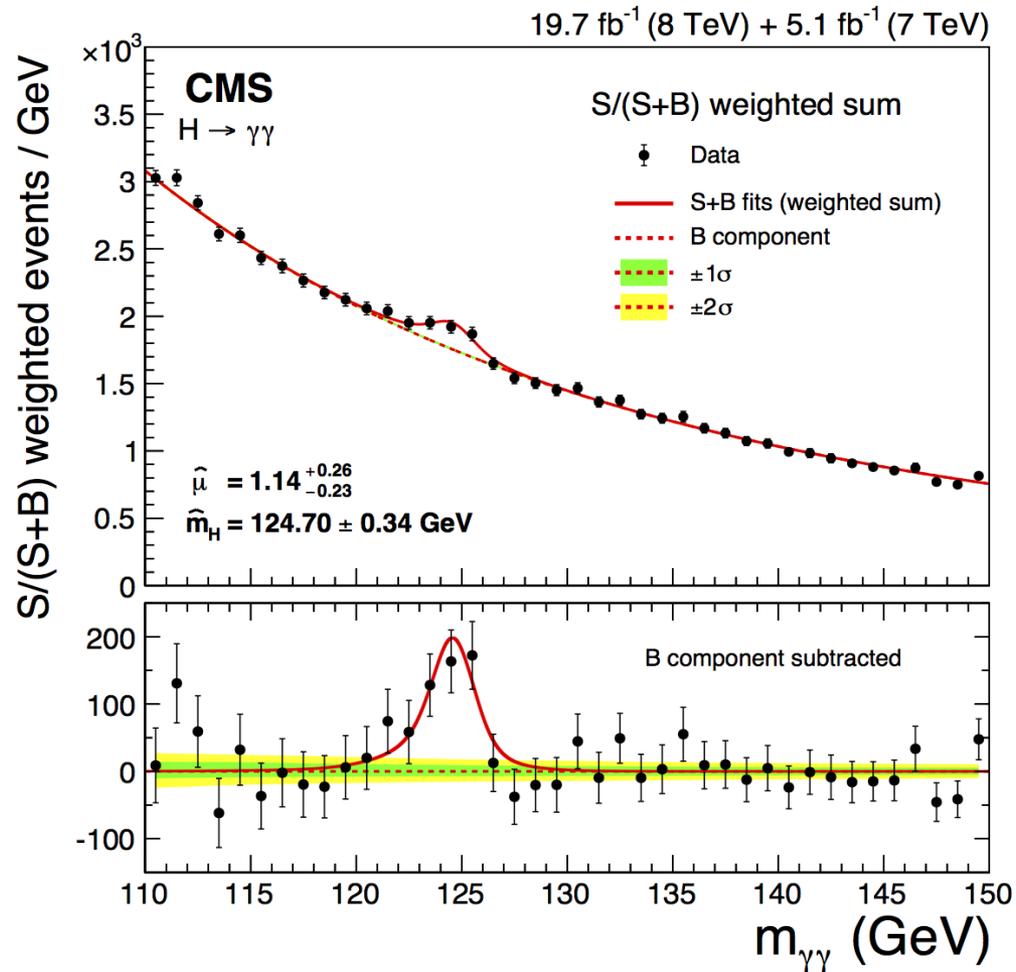
Как удостовериться, что монетка с двумя орлами действительно с двумя орлами если:

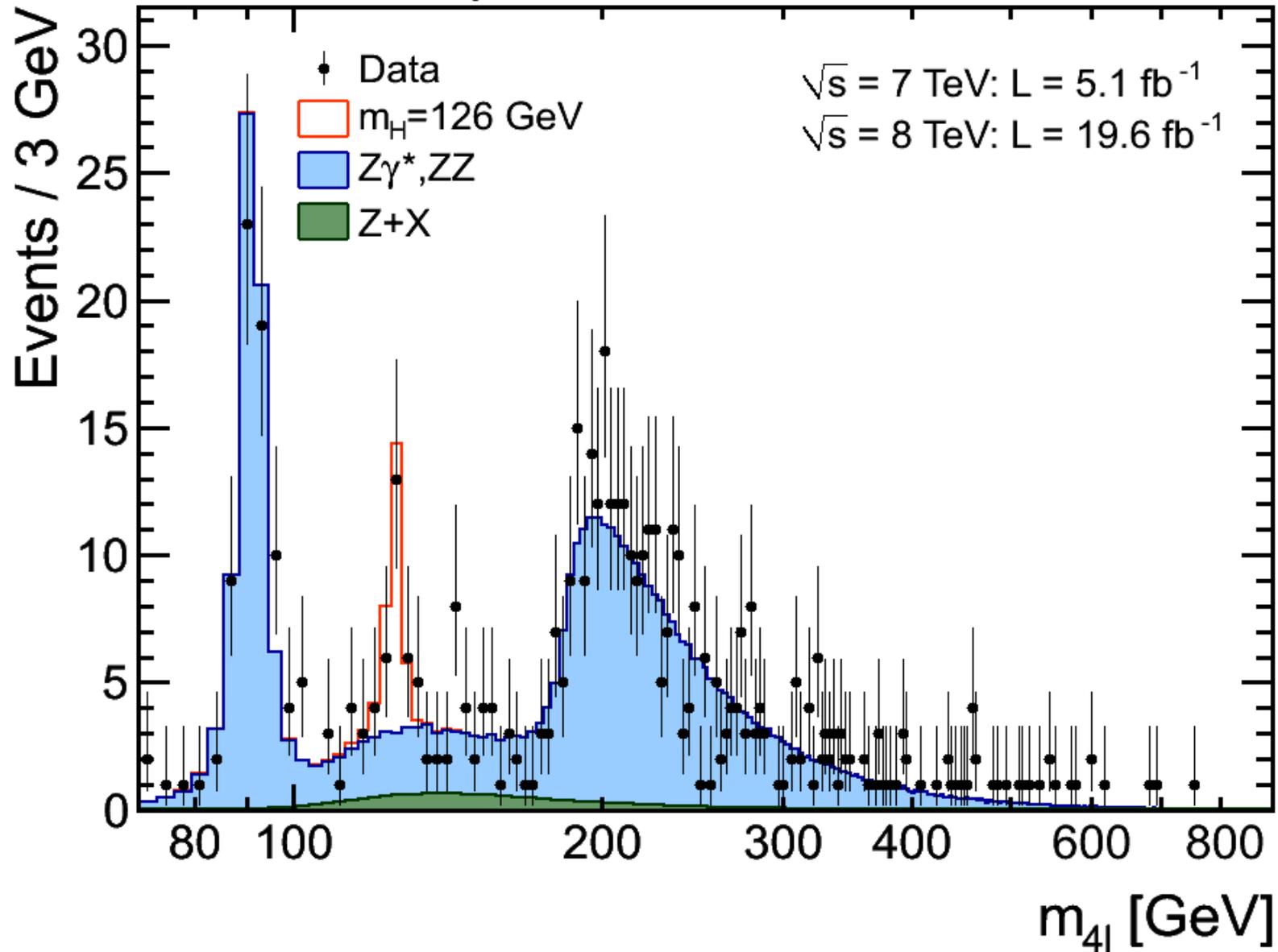
1. Нельзя держать в руках
2. Можно подбрасывать
3. Можно посмотреть на результат?

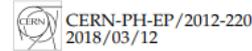
Считать! Но как долго?

Предположим обратное, что монетка обычная, но нам **очень сильно** везёт и выпадают только орлы.

# 5 sigma with Higgs







CMS-HIG-12-028

## Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC

The CMS Collaboration\*

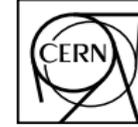
### Abstract

Results are presented from searches for the standard model Higgs boson in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  and 8 TeV in the CMS experiment at the LHC, using data samples corresponding to integrated luminosities of up to  $5.1 \text{ fb}^{-1}$  at 7 TeV and  $5.3 \text{ fb}^{-1}$  at 8 TeV. The search is performed in five decay modes:  $\gamma\gamma$ ,  $ZZ$ ,  $WW$ ,  $\tau^+\tau^-$ , and  $b\bar{b}$ . An excess of events is observed above the expected background, a local significance of 5.0 standard deviations, at a mass near 125 GeV, signalling the production of a new particle. The expected significance for a standard model Higgs boson of that mass is 5.8 standard deviations. The excess is most significant in the two decay modes with the best mass resolution,  $\gamma\gamma$  and  $ZZ$ ; a fit to these signals gives a mass of  $125.3 \pm 0.4$  (stat.)  $\pm 0.5$  (syst.) GeV. The decay to two photons indicates that the new particle is a boson with spin different from one.

*This paper is dedicated to the memory of our colleagues who worked on CMS but have since passed away.*

*In recognition of their many contributions to the achievement of this observation.*

arXiv:1207.7235v1 [hep-ex] 31 Jul 2012



CERN-PH-EP-2012-218

Accepted by: Physics Letters B

arXiv:1207.7214v2 [hep-ex] 31 Aug 2012

## Observation of a New Particle in the Search for the Standard Model Higgs Boson with the ATLAS Detector at the LHC

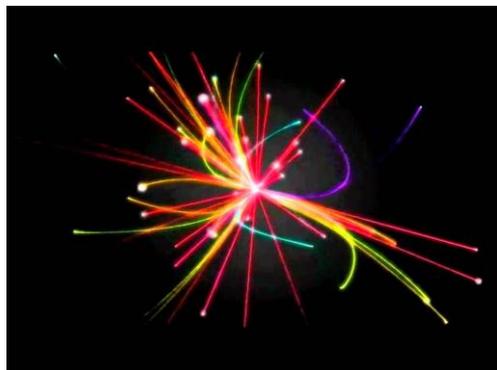
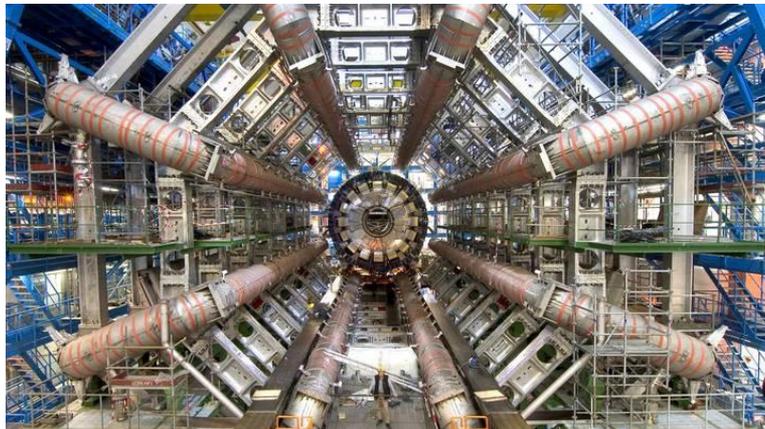
The ATLAS Collaboration

This paper is dedicated to the memory of our ATLAS colleagues who did not live to see the full impact and significance of their contributions to the experiment.

### Abstract

A search for the Standard Model Higgs boson in proton-proton collisions with the ATLAS detector at the LHC is presented. The datasets used correspond to integrated luminosities of approximately  $4.8 \text{ fb}^{-1}$  collected at  $\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$  in 2011 and  $5.8 \text{ fb}^{-1}$  at  $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$  in 2012. Individual searches in the channels  $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$ ,  $H \rightarrow \gamma\gamma$  and  $H \rightarrow WW^{(*)} \rightarrow e\nu\mu\nu$  in the 8 TeV data are combined with previously published results of searches for  $H \rightarrow ZZ^{(*)}$ ,  $WW^{(*)}$ ,  $b\bar{b}$  and  $\tau^+\tau^-$  in the 7 TeV data and results from improved analyses of the  $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$  and  $H \rightarrow \gamma\gamma$  channels in the 7 TeV data. Clear evidence for the production of a neutral boson with a measured mass of  $126.0 \pm 0.4 \text{ (stat)} \pm 0.4 \text{ (sys)} \text{ GeV}$  is presented. This observation, which has a significance of 5.9 standard deviations, corresponding to a background fluctuation probability of  $1.7 \times 10^{-9}$ , is compatible with the production and decay of the Standard Model Higgs boson.

# Эксперимент



# Сырые данные

CH0 : 0.001 ;

CH2 : 0.14 ;

CH4 : 0.34 ;

...

CH98039232 : 0.08 ;

# Реконструкция

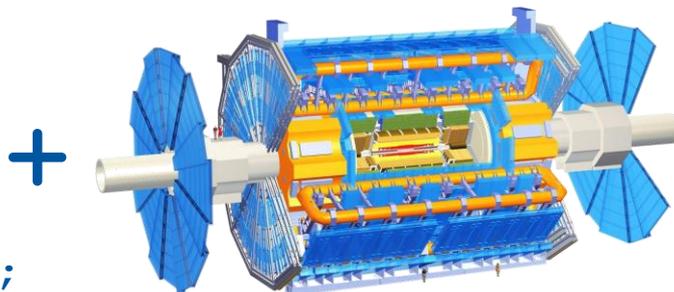
CH0:0.001;

CH2:0.14;

CH4:0.34;

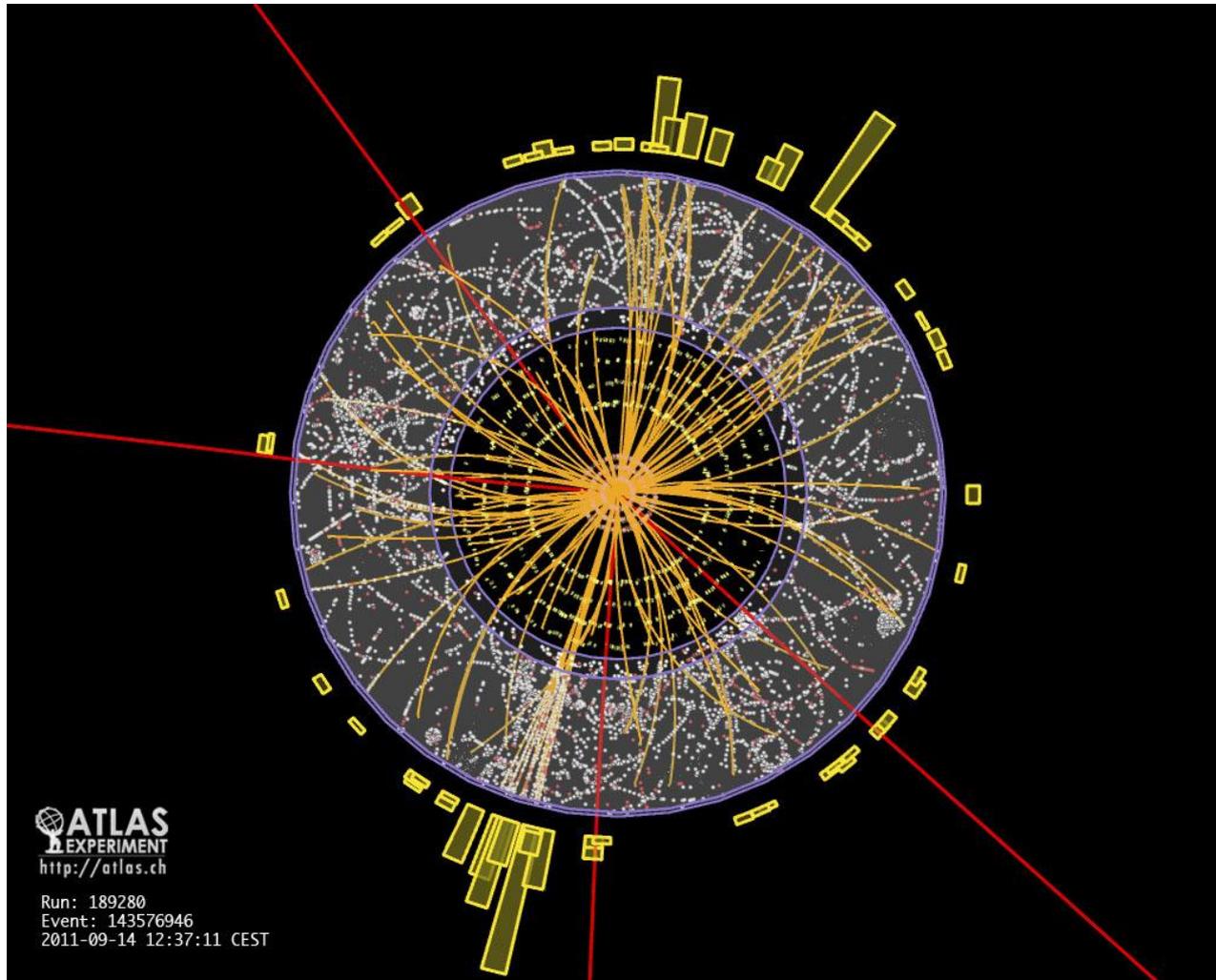
...

CH98039232:0.08;



+ Алгоритм  
реконструкции

# Событие

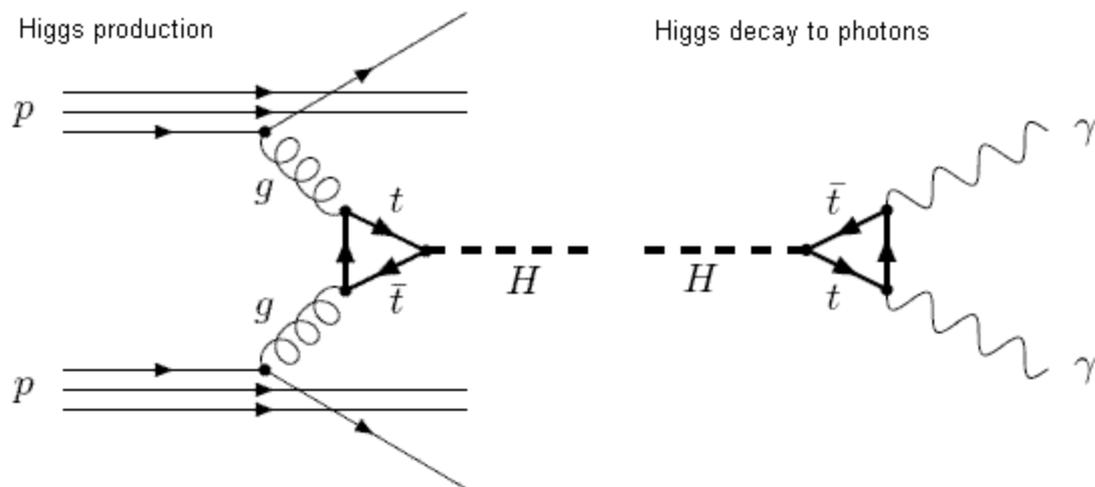


Это уже открытие?

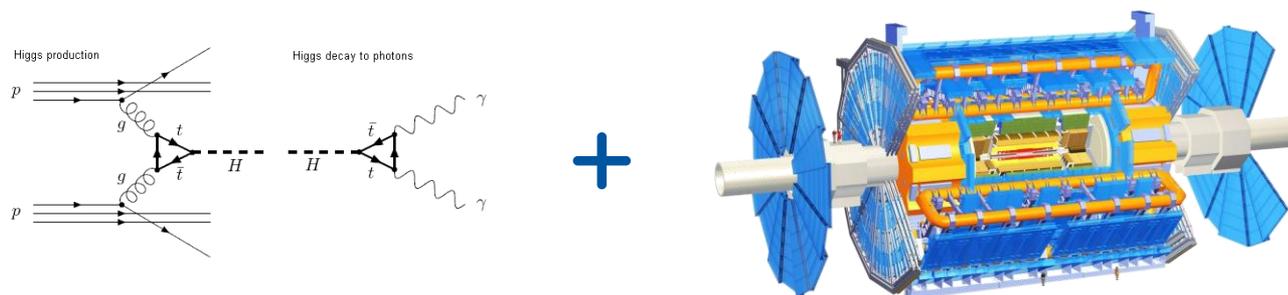
# Модель

$$\begin{aligned}\mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i\bar{\psi} \not{D} \psi + \text{h.c.} \\ & + \chi_i Y_{ij} \chi_j \phi + \text{h.c.} \\ & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$

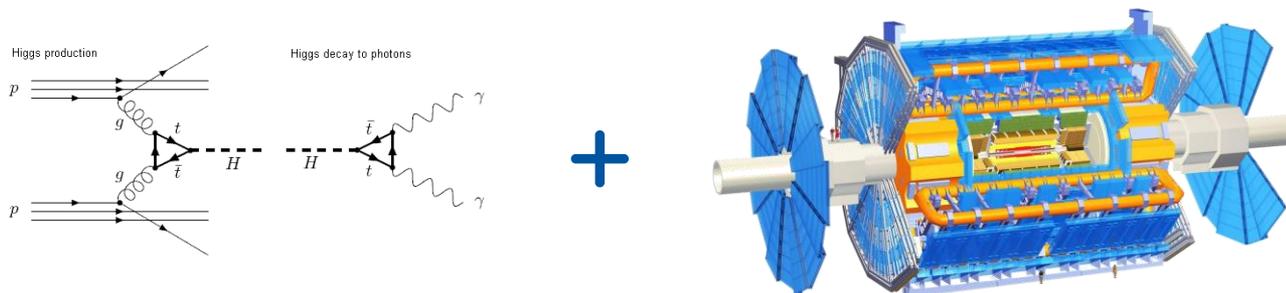
# Событие



# Симуляция



# Симуляция



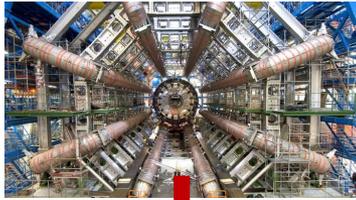
CH0:0.001;

CH2:0.14;

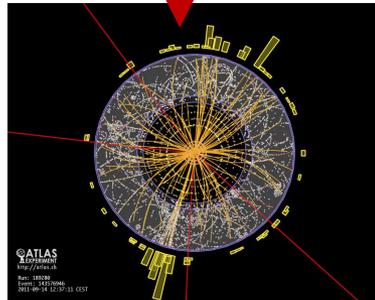
CH4:0.34;

...

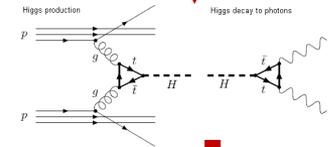
CH98039232:0.08;



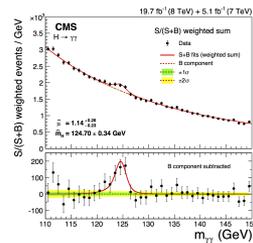
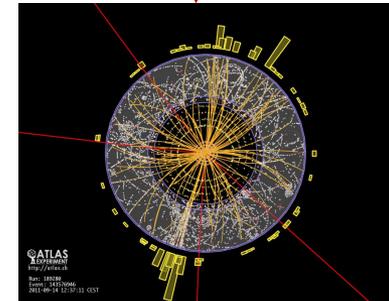
CH0:0.001;  
 CH2:0.14;  
 CH4:0.34;  
 ...  
 CH98039232:0.08;



$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\psi}\not{D}\psi + h.c. + \chi_i \psi_j \chi_k \phi + h.c. + \frac{1}{2} \partial_\mu \phi^2 - V(\phi)$$



CH0:0.001;  
 CH2:0.14;  
 CH4:0.34;  
 ...  
 CH98039232:0.08;



# Назначение компьютеринга

Запись данных

Реконструкция

Долгое хранение

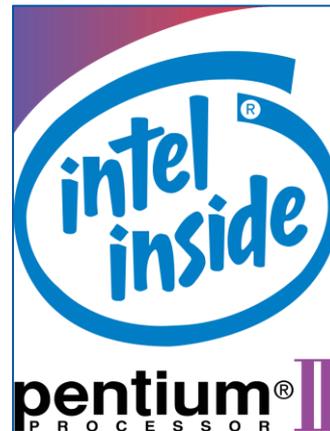
Анализ

Симуляция

# 1997

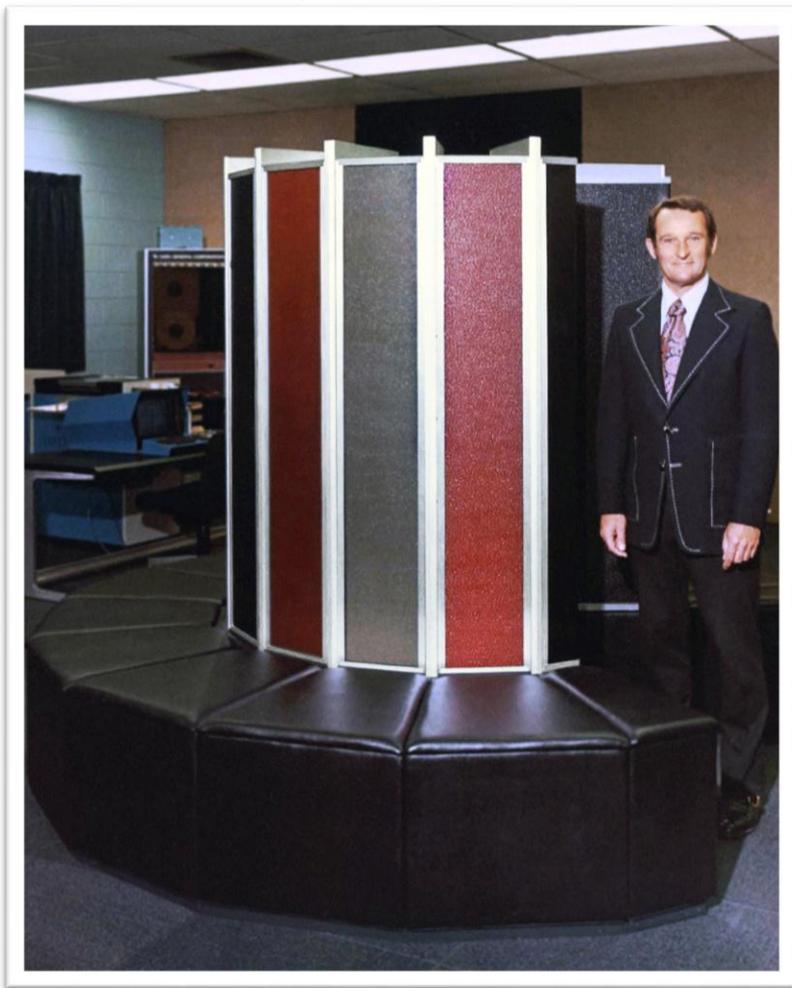


Internet  
пользователи:  
70 000 000  
Скорость 28.8kbps



# Интересный факт!

# Интересный факт!!!

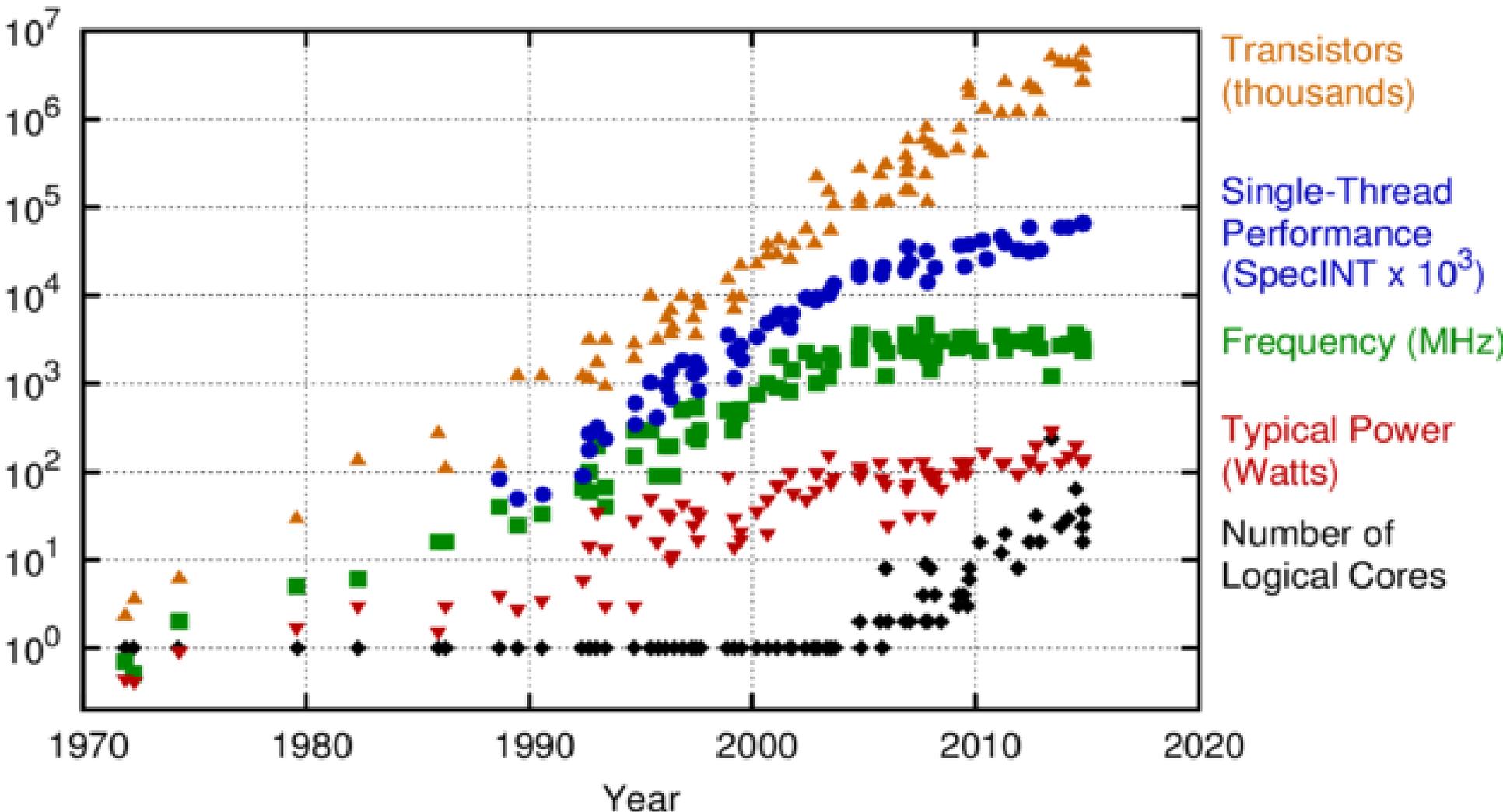


Cray-1 - 1976

Последний суперкомпьютер с  
“Супер-процессором”



# 40 Years of Microprocessor Trend Data



Original data up to the year 2010 collected and plotted by M. Horowitz, F. Labonte, O. Shacham, K. Olukotun, L. Hammond, and C. Batten  
New plot and data collected for 2010-2015 by K. Rupp

# Груг

WorkNode



WorkNode



WorkNode



WorkNode



# Гrug



# Грид

Grid site



Grid site



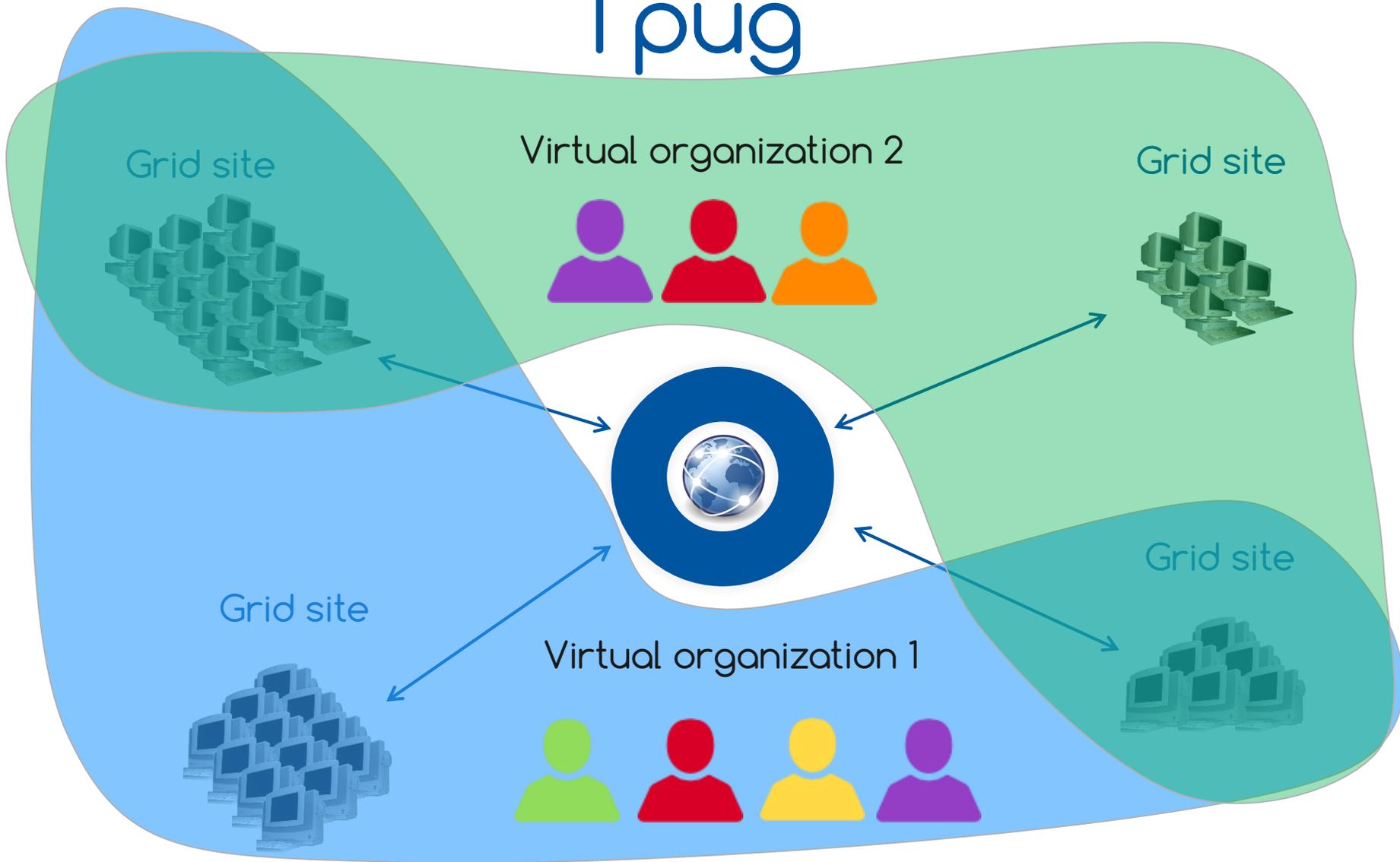
Grid site



Grid site



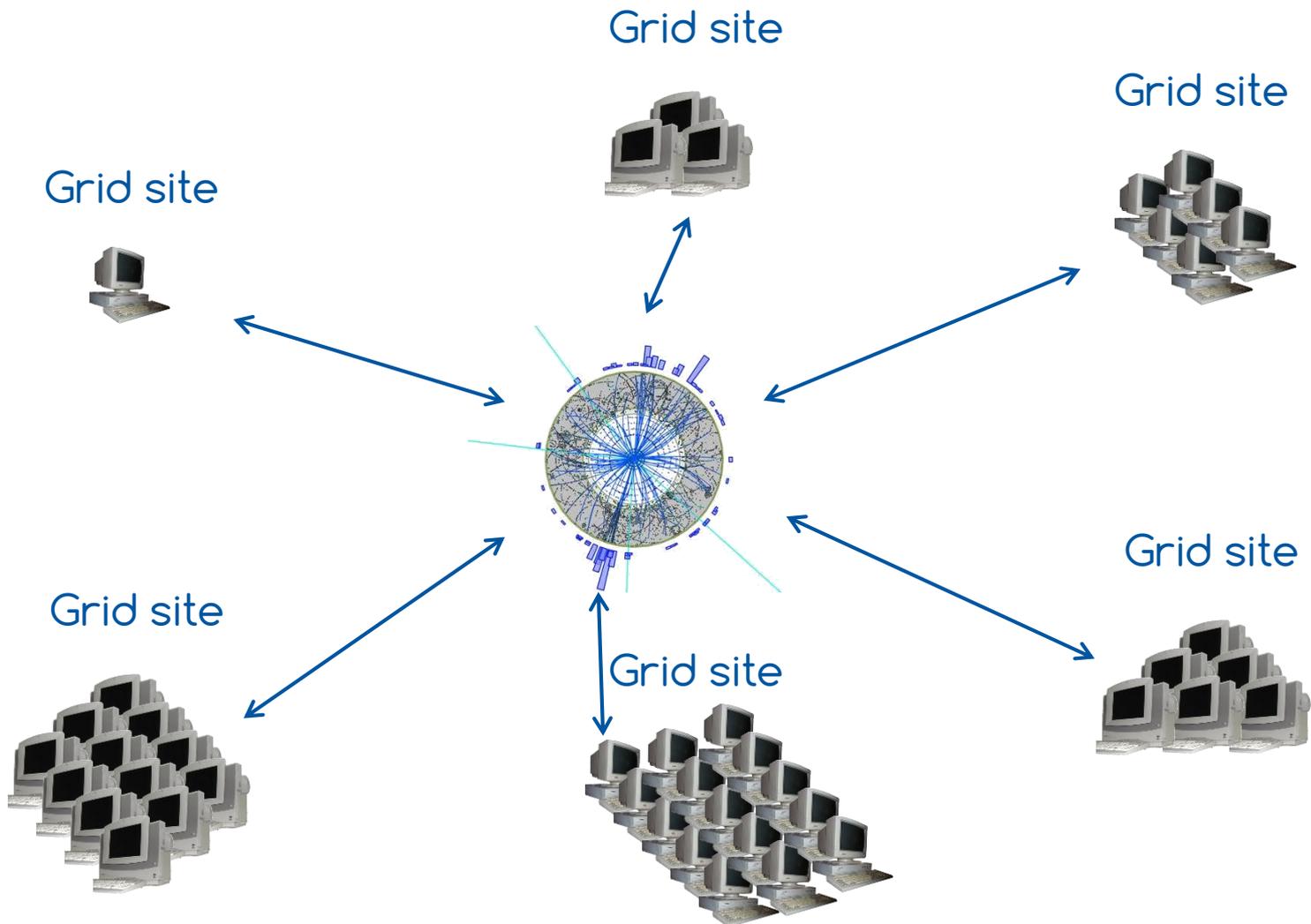
# Групп



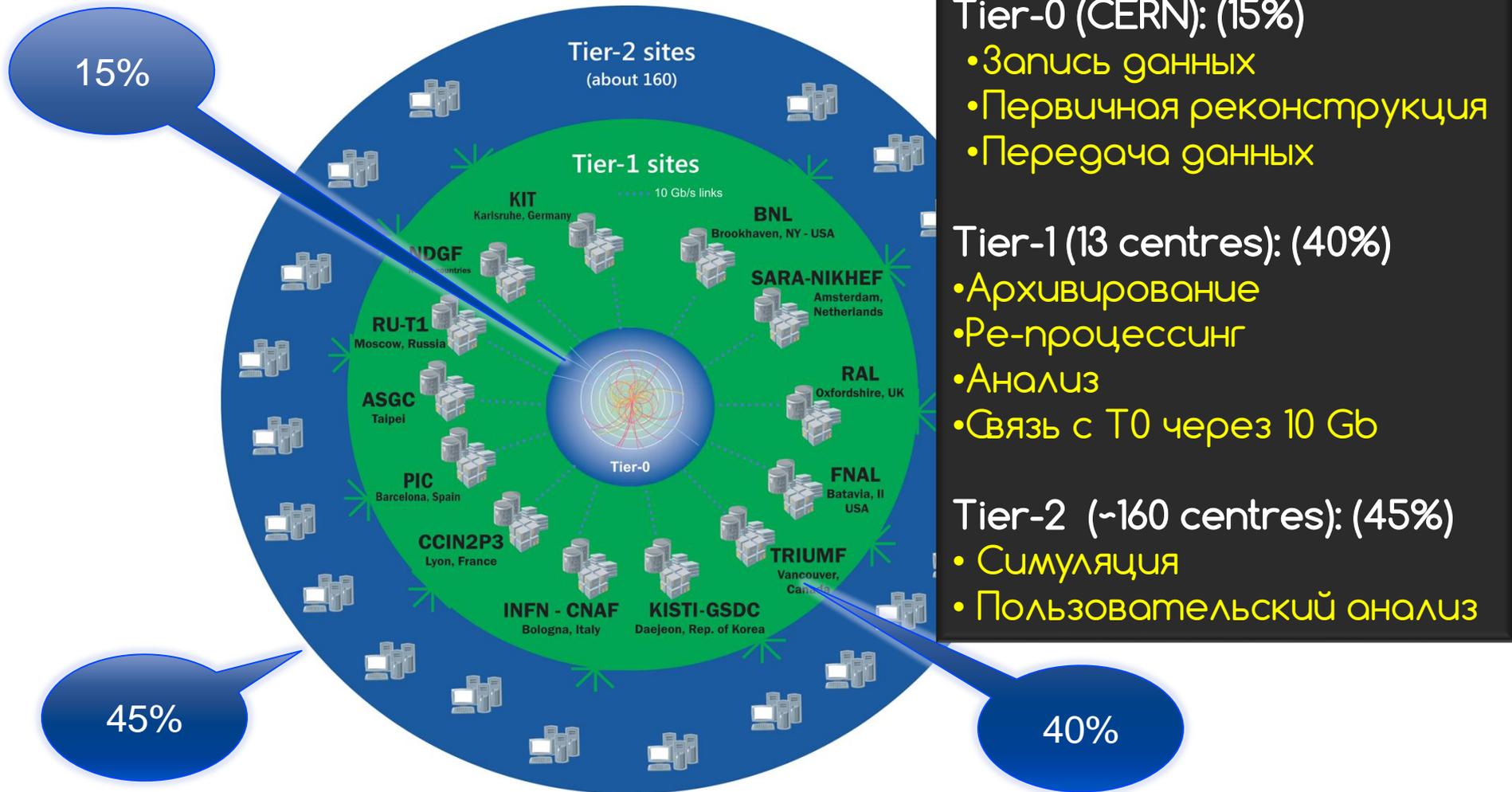
# Грид сейчас



# Простейший grid



# Грид иерархия



# Сложности



Безопасность



Передача данных



Хранение данных



Аккаунтинг



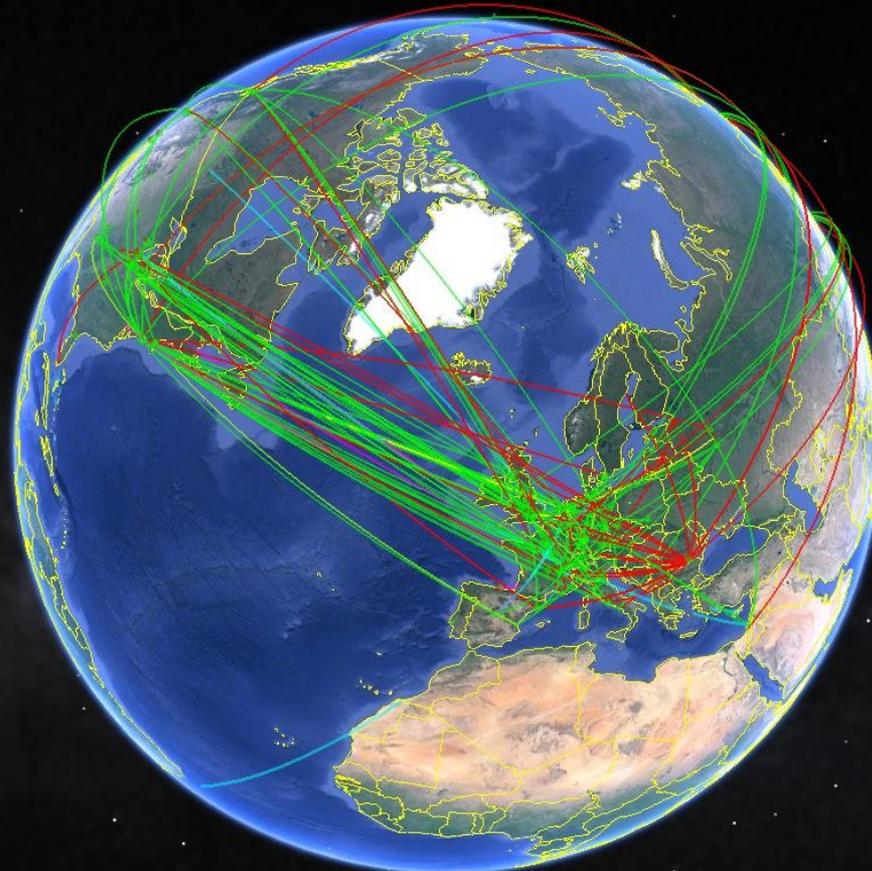
Мониторинг



Управление нагрузкой

11/28/2013 11:44:13 am  
11:40 am 11:51 am

Running jobs: 214268  
Transfer rate: 42.74 GiB/sec



US Dept of State Geographer  
© 2013 Google  
Image Landsat  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Google earth



8 ноября 2018

RLTP2018

64

# Вызовы будущего



NICA (Nuclotron based Ion Collider fAcility) – это новый ускорительный комплекс, который создаётся на базе Объединённого института ядерных исследований (Дубна, Россия) с целью изучения свойств плотной барионной материи.



# Благодарности

Благодарность Учебному Центру ОИЯИ за возможность выступить на 11-й научной Школе для учителей физики из стран-участниц ОИЯИ.

В данных слайдах использованы материалы из презентаций Владимира Коренькова, Татьяны Стриж, Алексея Климентова, Смирновой Оксаны, Ivica Puljack.

Спасибо за внимание!

