

DUBNA

Компьютинг для физики высоких энергий: прошлое и настоящее?

Рассказывает Игорь Пелеванюк

Обо мне

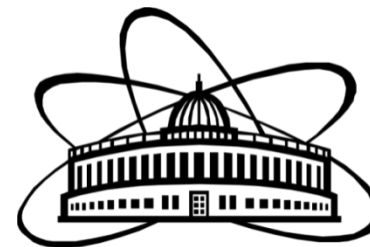


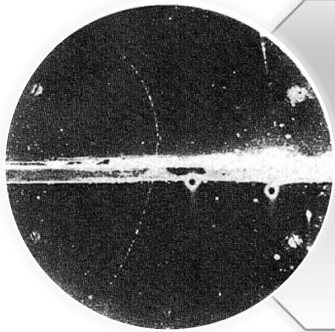
Игорь Пелеванюк (1991)

Окончил - Университет
«Дубна» в 2013

Профессия – программист

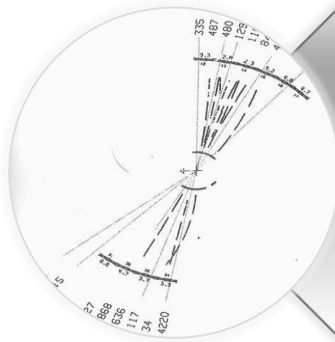
CERN Summer Student 2012
CERN Technical Student 2013
2013-2016 – CERN, IHEP(China)





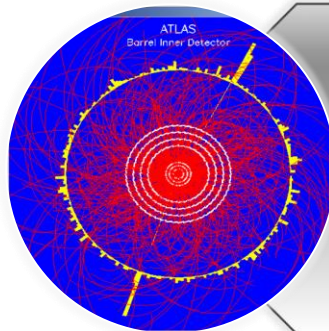
Открытие в 1930-х

- ~2 учёных в одной комнате
- Карандаш и бумага



Открытие в 1970-х

- ~200 учёных , ~10 стран
- Мэйнфрэймы

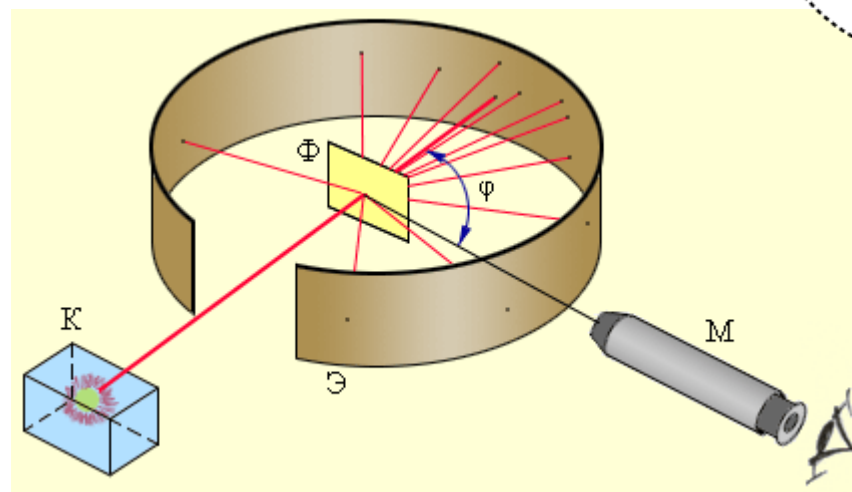
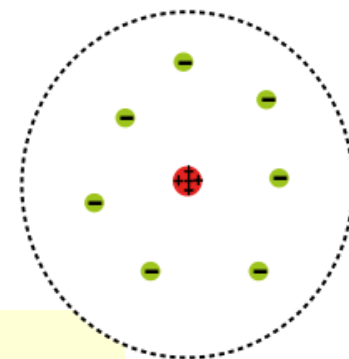


Открытие сегодня

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

100 лет назад...

Опыт Резерфорда



100 лет назад...

Счётчик Гейгера



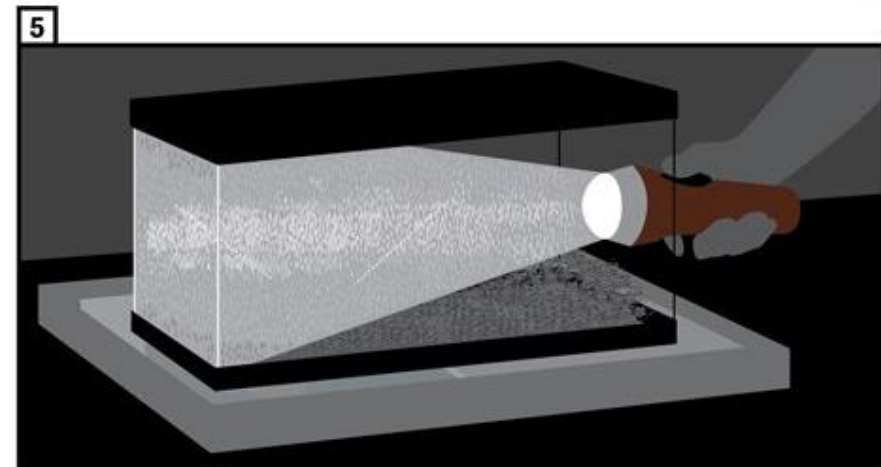
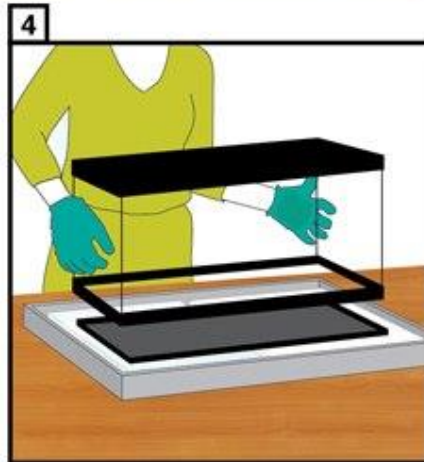
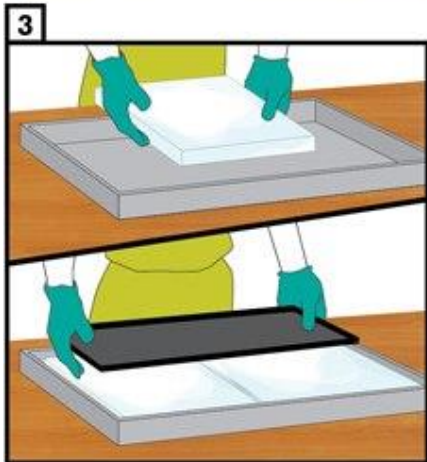
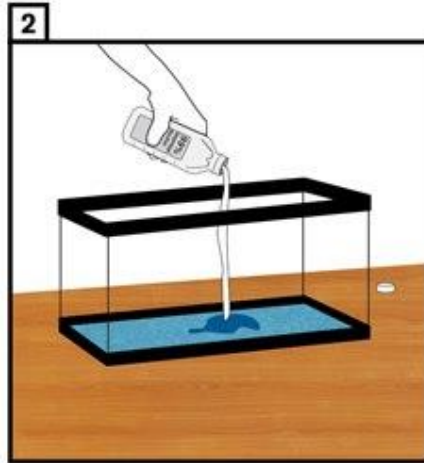
Считает частицы
До 10000 в секунду
100% электронов
1% гамма-квантов

80 лет назад ...

Камера Вильсона

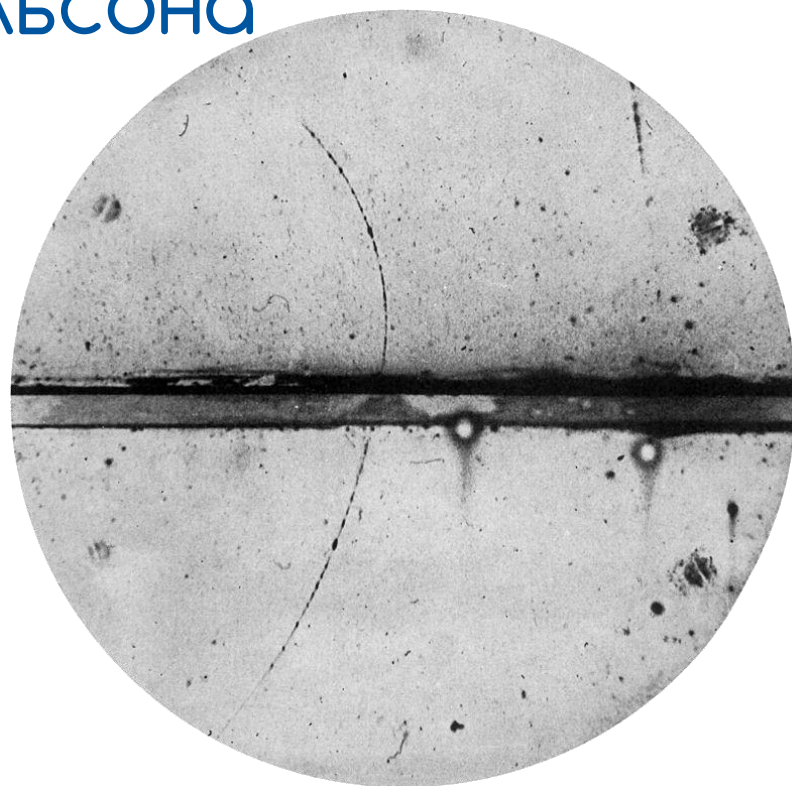
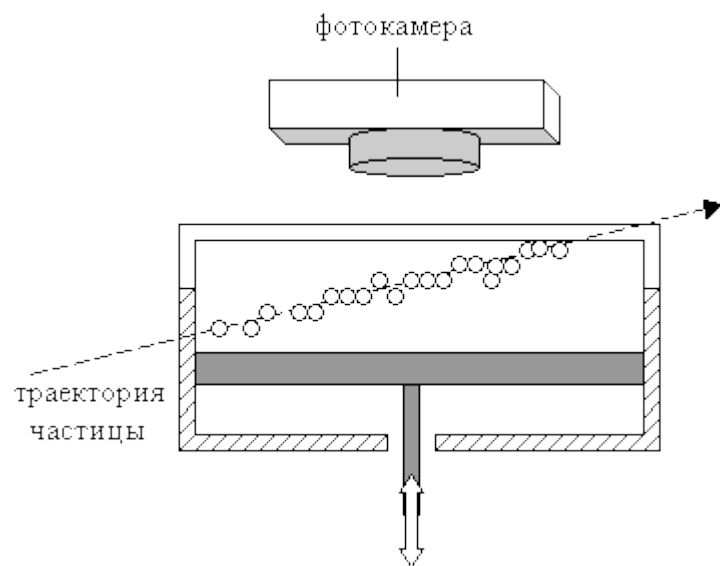


Как сделать пузырьковую камеру?



80 лет назад...

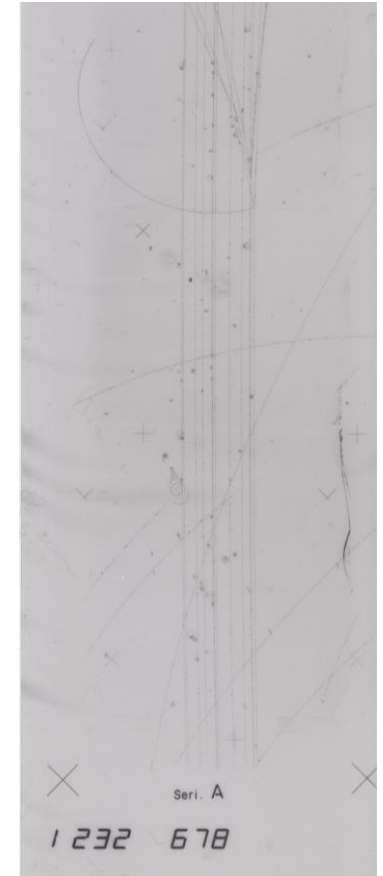
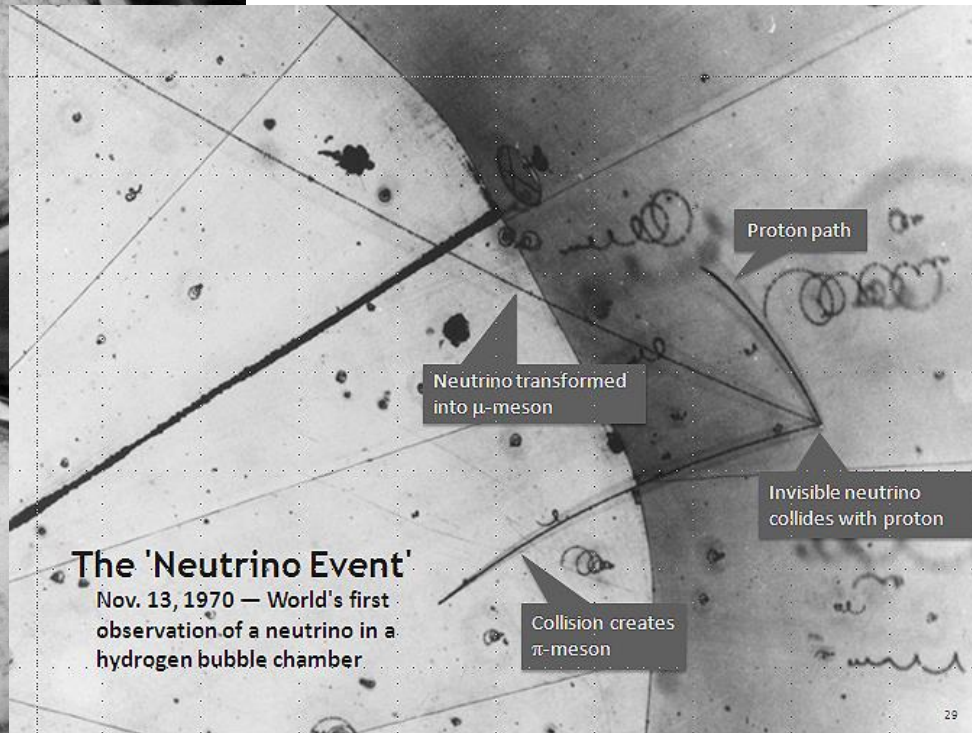
Камера Вильсона



1932, Андерсон

60 лет назад...

Пузырьковая камера



60 лет назад ...

Камера Вильсона



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

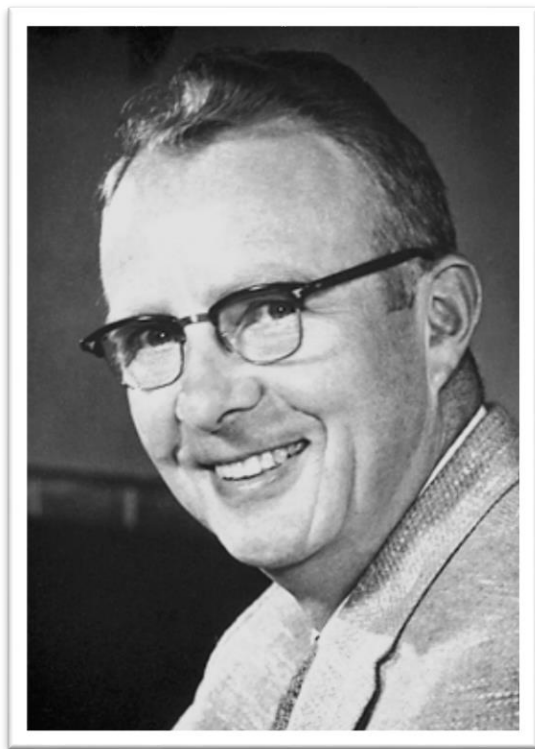
Интервал $w \uparrow =$ Скорость $V \uparrow$

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

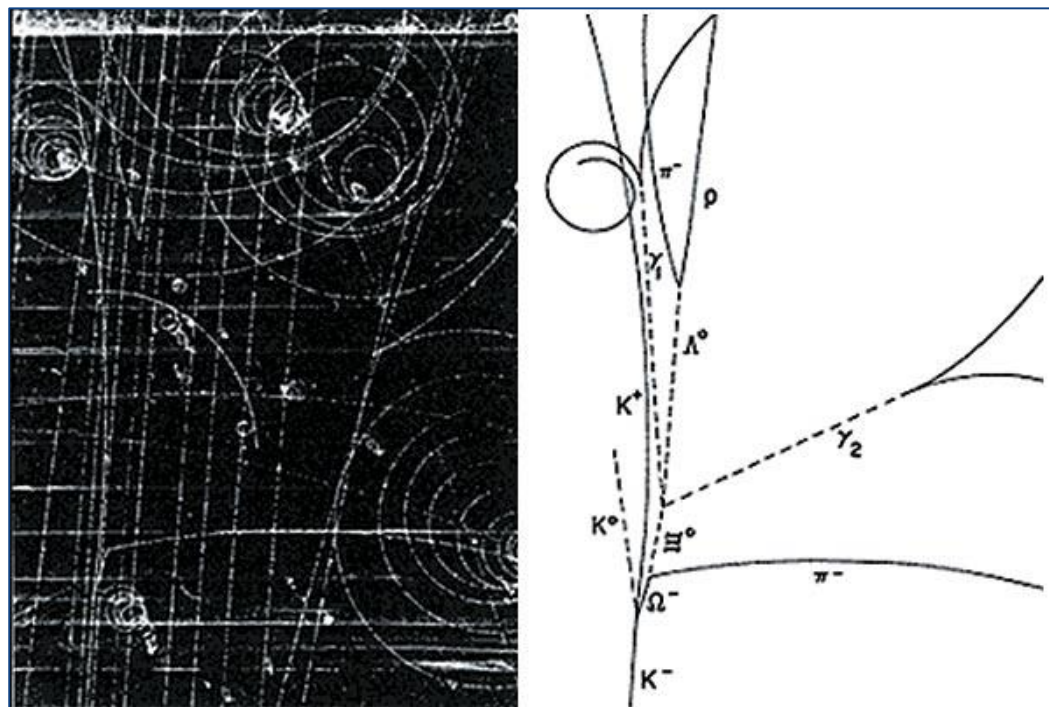
Длина $L \uparrow =$ Энергия $W \uparrow$

60 лет назад...

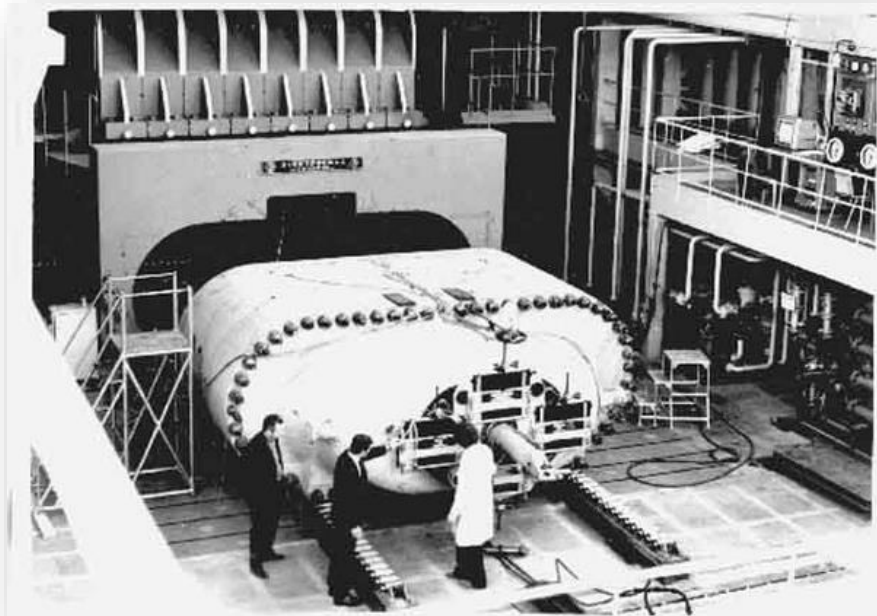
Пузырьковая камера



Льюис Альварес



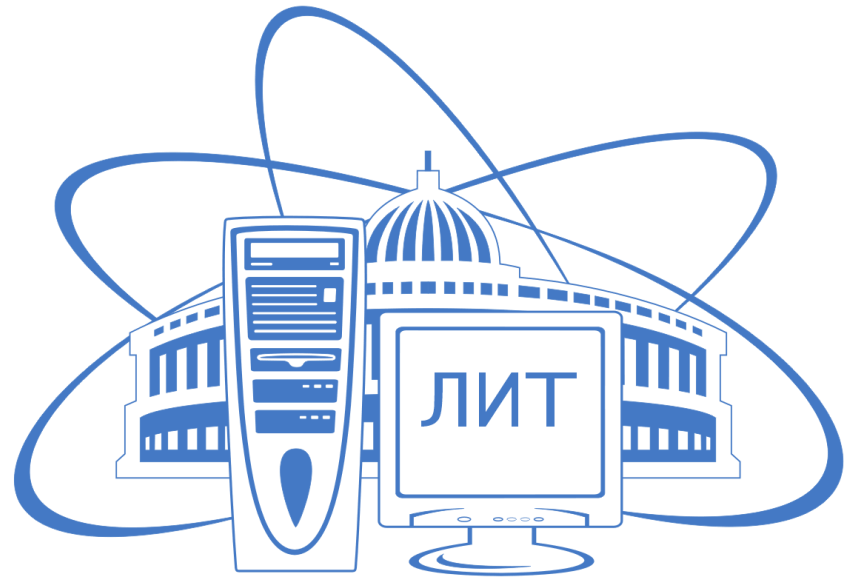
Пузырьковые камеры в ОИЯИ



50 лет назад ...

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

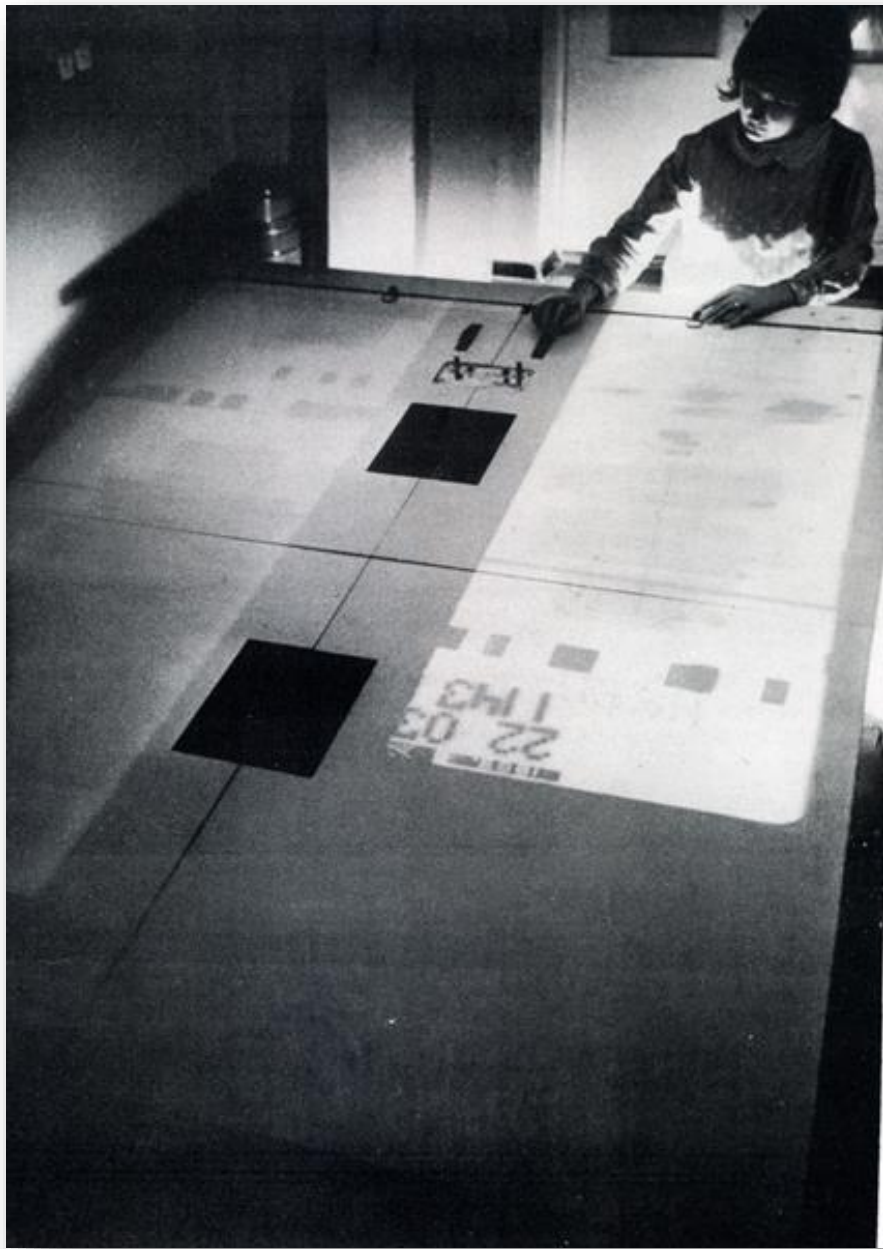
6 августа 1966



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



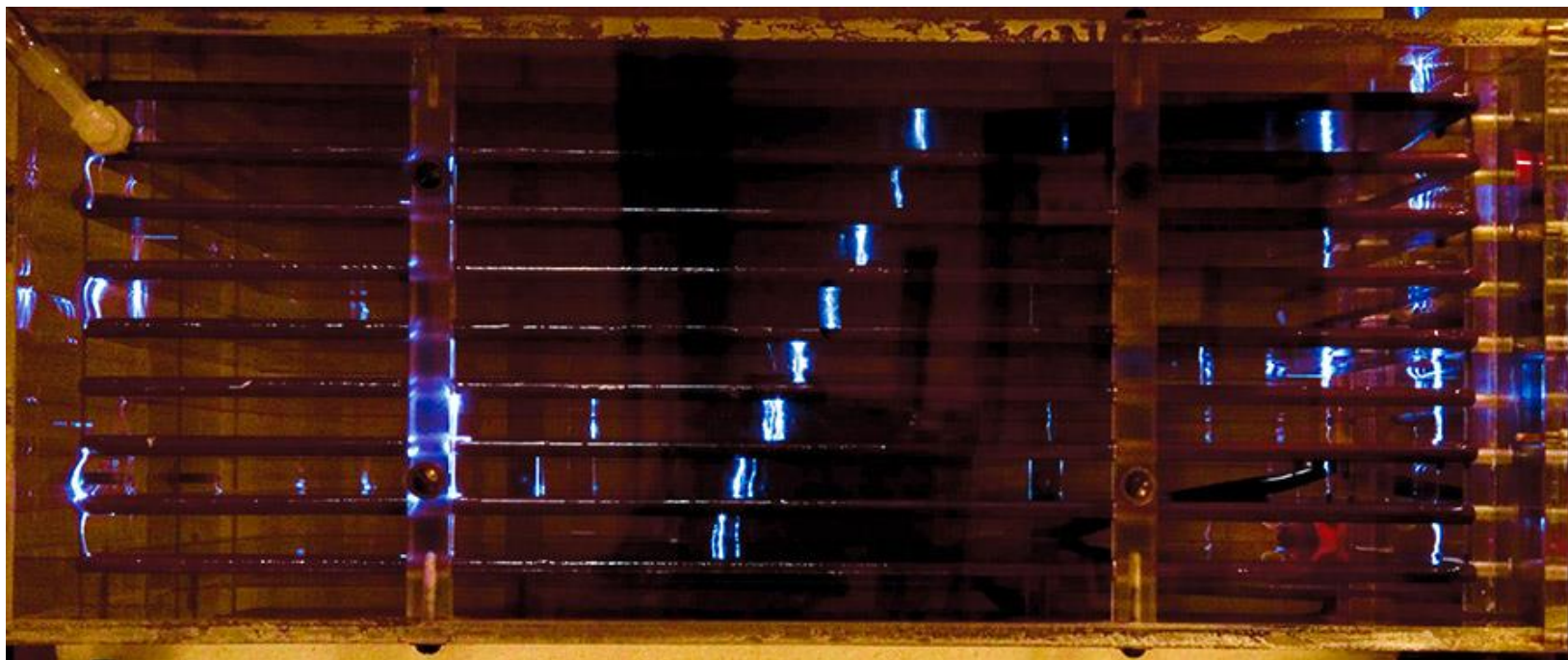
Интересный факт!!!

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

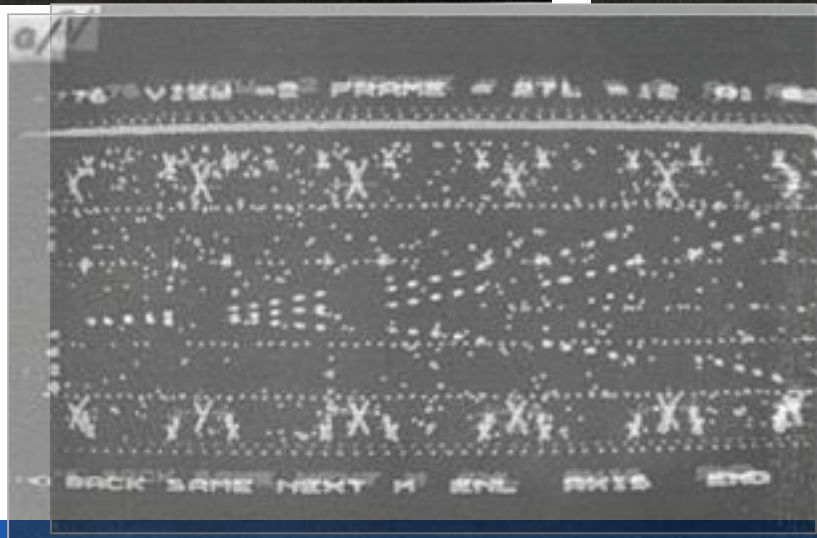
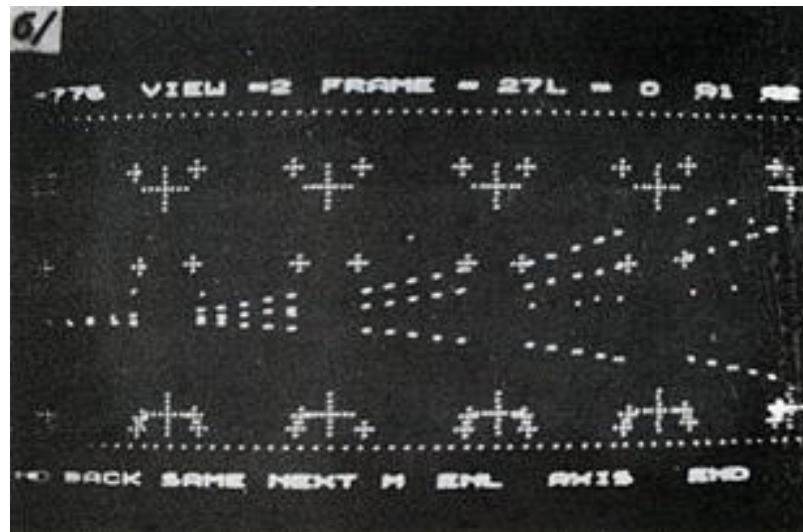
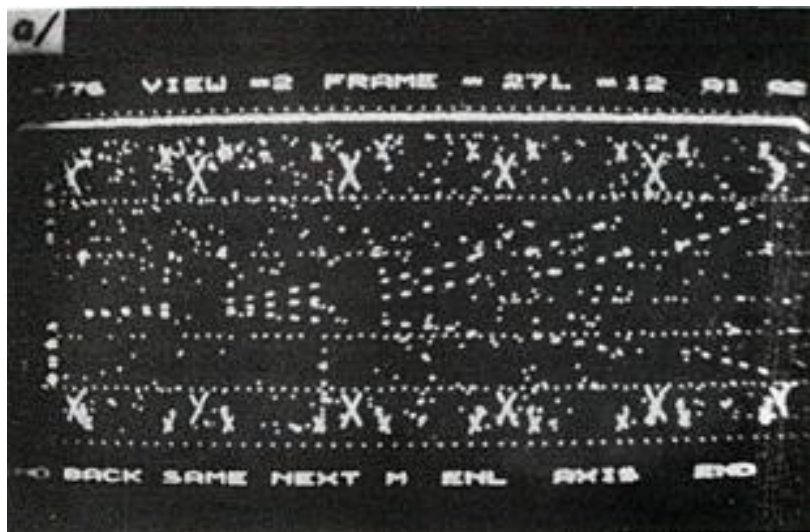
Работаем

40 лет назад ...

Искровая камера

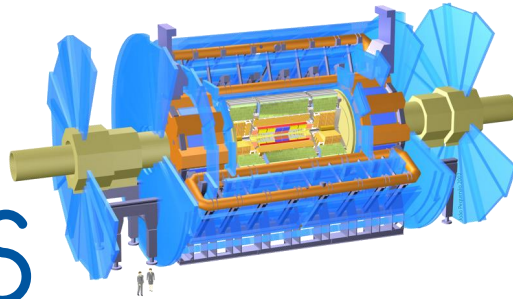


Искровая камера в ОИЯИ

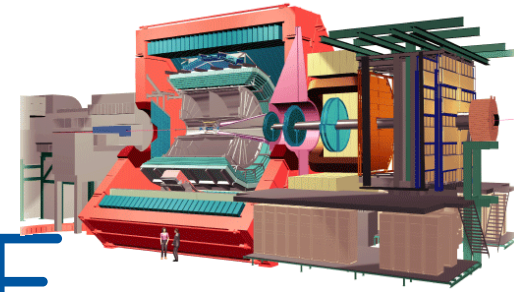


Large Hadron Collider 1994

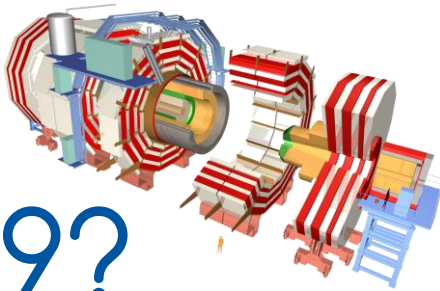
ATLAS
1995



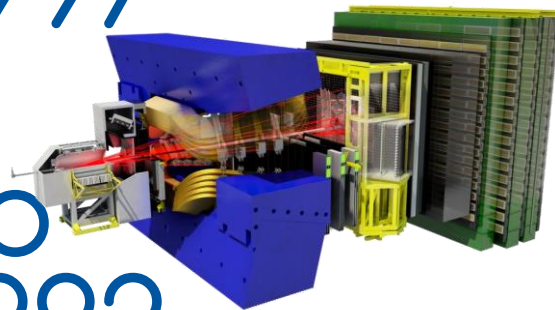
ALICE
1997



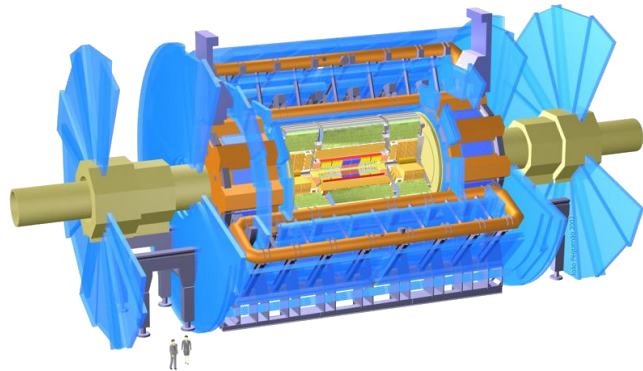
CMS
1999?



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 Hz

равна 0

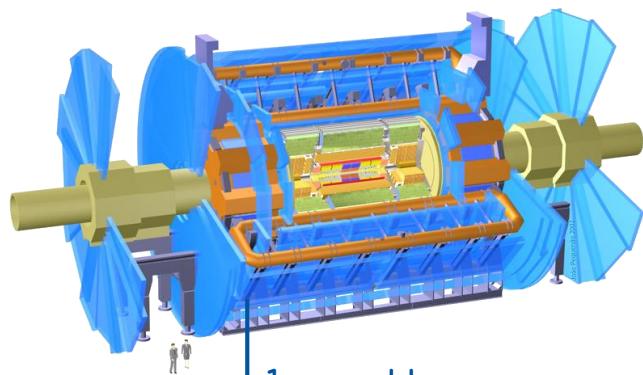
Т.о. нужно фильтровать
99.9995% событий

Boson

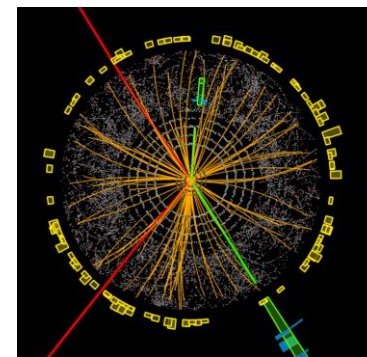
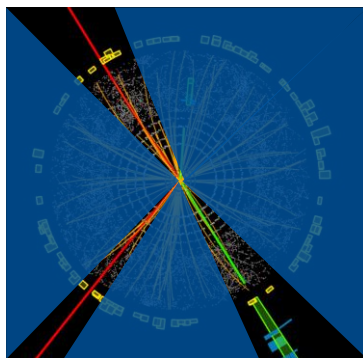
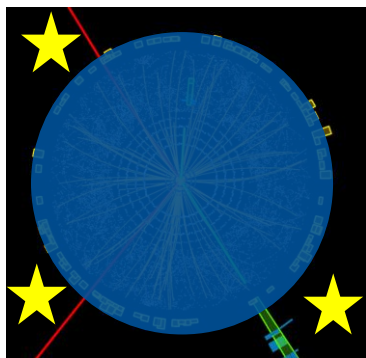
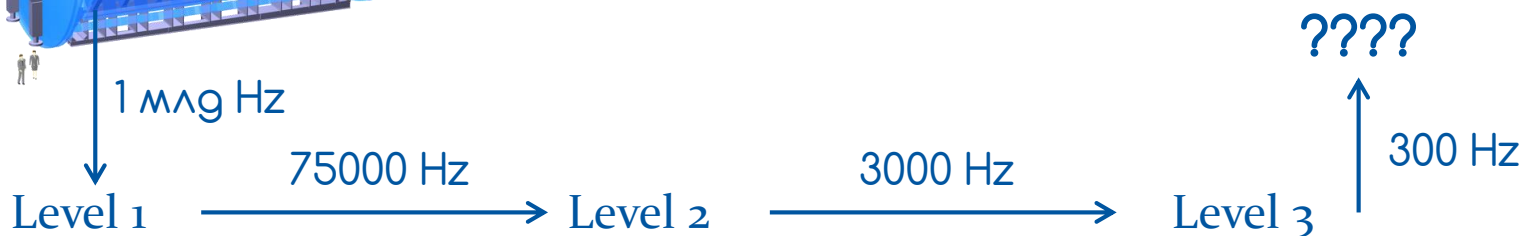


Trigger	Typical offline selection	L1 Peak	EF Avg.
		Rate (kHz)	Rate (Hz)
		$L_{\text{peak}}=7e33/\text{cm}^2\text{s}$	$L_{\text{avg.}}=5e33/\text{cm}^2\text{s}$
Single leptons	Single iso μ , $p_T > 25$ GeV	8	45
	Single iso e , $p_T > 25$ GeV	17	70
Two leptons	Two μ 's, each $p_T > 15$ GeV	1	5
	Two μ '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 τ 's, $p_T > 45, 30$ GeV	12	12
Two photons	Two γ 's, each $p_T > 25$ GeV	6	10
	Two γ '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^{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
 5σ 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)

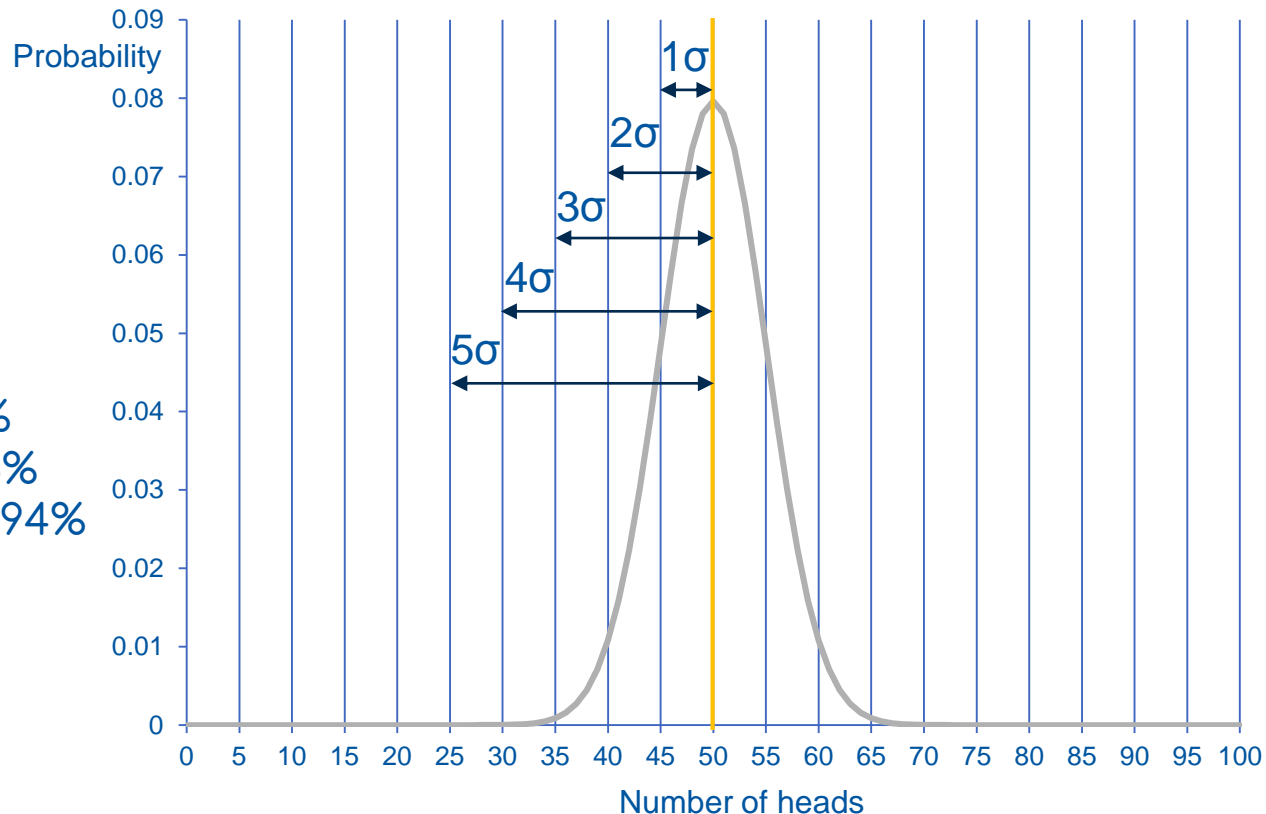


3. Apply fluid to
Champagne flutes.
Repeat until all flutes
are filled.



5 sigma(100 coin flips)

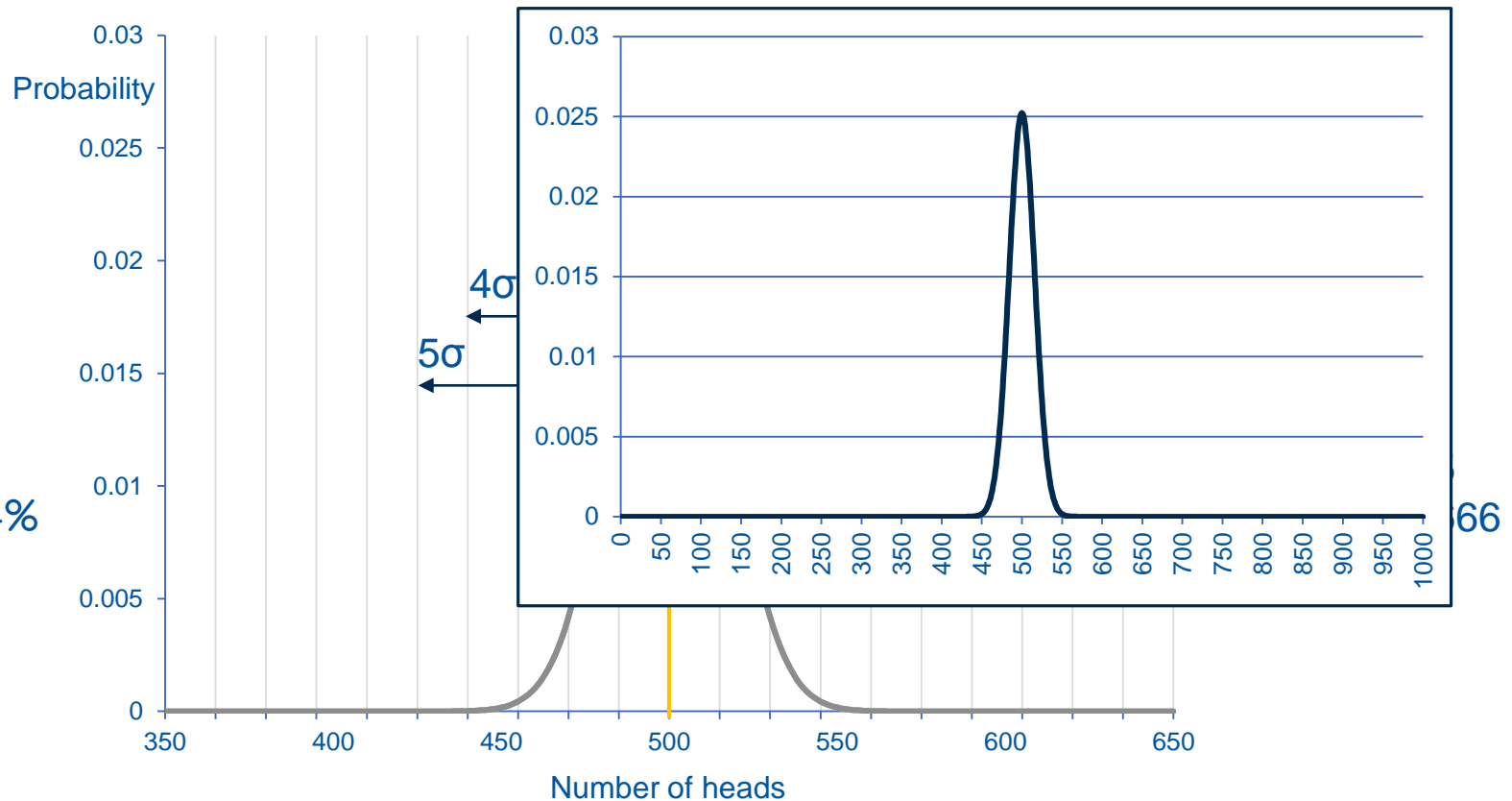
Expected number of heads = 50, uncertainty=5



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

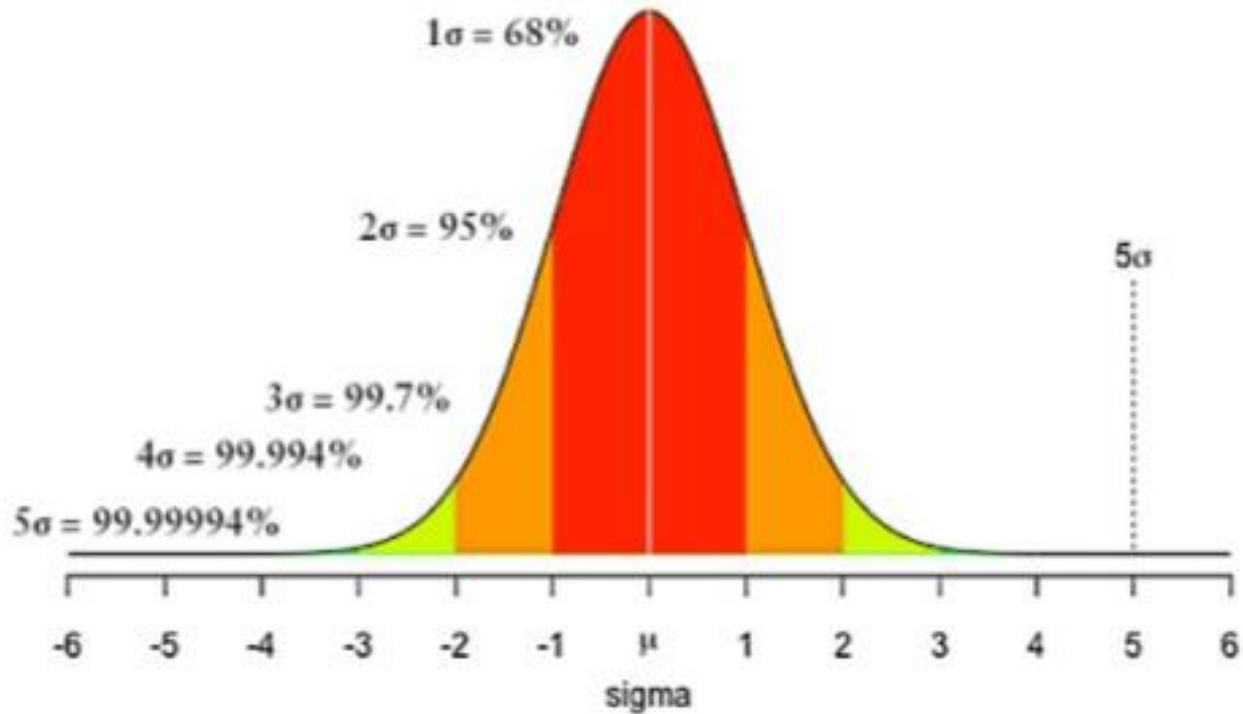
5 sigma(1000 coin flips)

Expected number of heads = 500, uncertainty~15



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



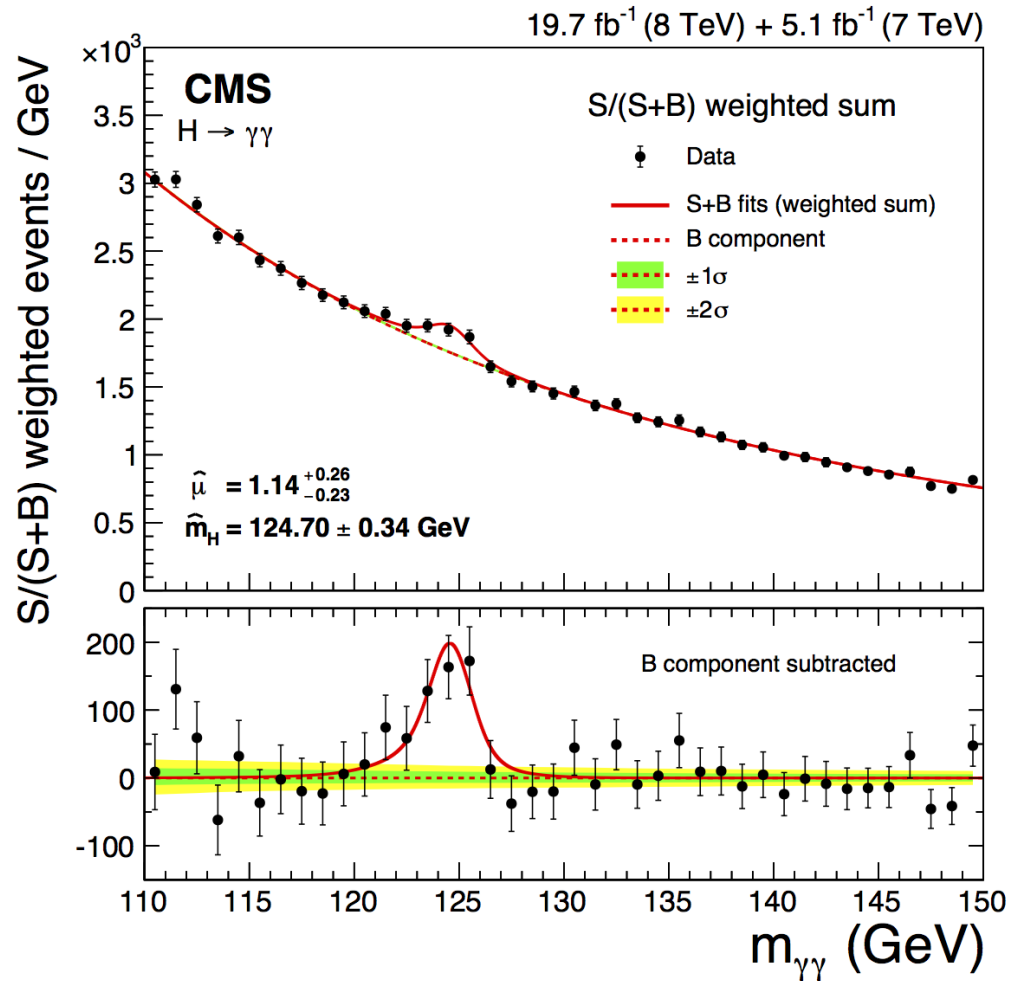
Как удостовериться, что монетка с двумя орлами действительно с двумя орлами если:

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

Считать! Но как долго?

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

5 sigma with Higgs



Назначение компьютеринга

Запись данных

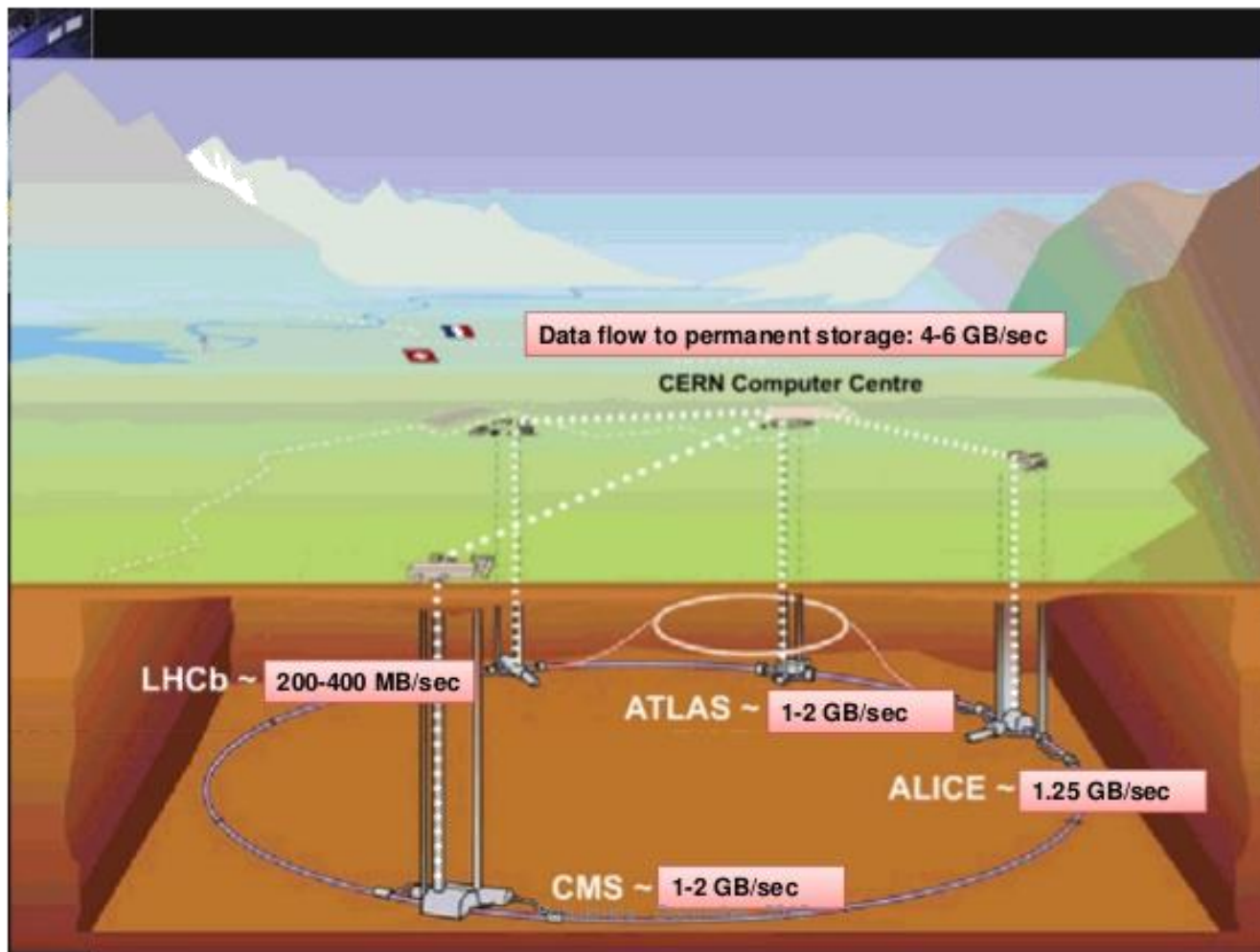
Реконструкция

Долгое хранение

Анализ

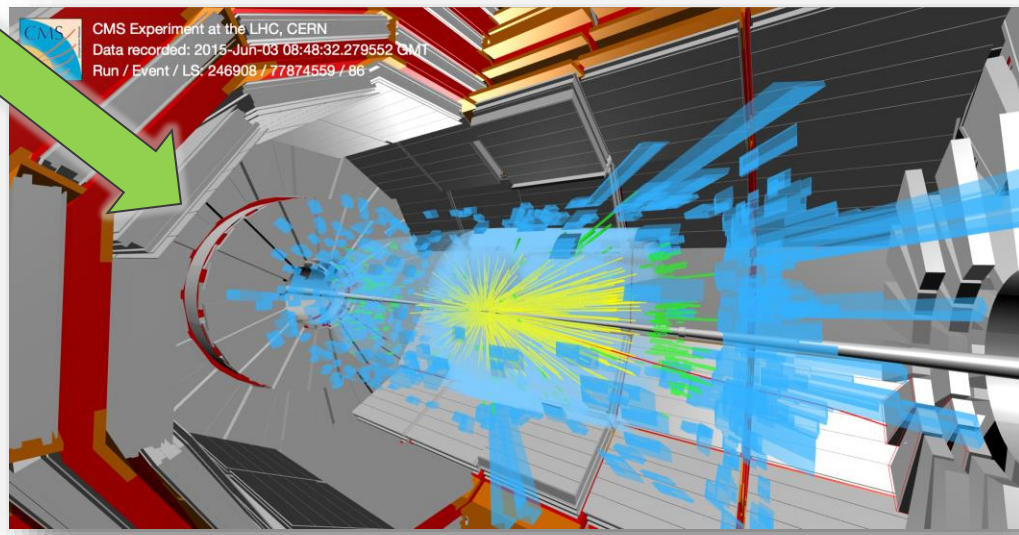
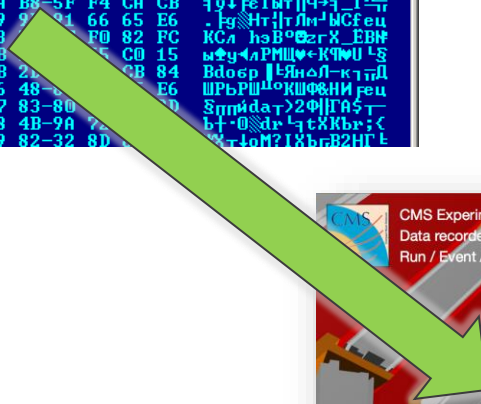
Симуляция

Запись данных



Реконструкция

```
00000000: 1D 50 AA 37-D5 80 9B 51-46 30 C1 34-B8 75 CE 1E 77 7F 6A WQF0-47uH
00000010: BD 03 9B 29-99 44 60 A3-18 06 43 48-8B 53 03 B0 40 4D 'r t CHNSW
00000020: 68 50 47 62-EA E5 F3 B1-74 C0 23 9E-09 B0 A4 93 hPGbъeт L#HOC дУ
00000030: 88 E4 27 7F-62 B9 BA FC-67 8C 66 7B-95 C4 AB E1 ИФ'аb|||Hgmf cX-лс
00000040: F6 11 29 46-49 4C EE D3-58 D3 28 6C-5F B0 8A 65 9-4)FILw'K'U'1'Ke
00000050: 82 20 99 20-67 43 A6 0C-50 24 99 24-27 9B D1 47 B Ц gCж?P$Ш$'Ы-G
00000060: AD 1E 17 30-A5 D1 9B E0-43 68 DE D0-7F CB 9B 85 нΔ#0e-mpCh ПΔπWE
00000070: 0A 37 6E A0-97 20 D2 E2-9B 4C 86 81-9B A4 D9 E4 07naч птЫLXBbd'ф
00000080: 06 2E DA 57-C5 D4 8B 42-1A 76 A2 3E-A5 2D A3 0A 2. rW+eNB>ov>e-r□
00000090: 48 01 44 87-AA 70 B6 EE-68 06 42 DA-BE 73 D9 A2 H0D3кp||ohP'rs'fв
000000A0: A0 46 50 61-56 D7 14 5A-6C FD 77 A4-20 A3 01 76 aFPaU||WZ1'wd r0v
000000B0: 9C 81 87 3D-9F B9 BC E7-1E C8 99 DE-97 D8 AB F4 ьB3=Я;||чΔ|||H'f'Y
000000C0: A6 87 30 38-C7 D2 00 00-F3 DC 97 2B-9B DC 99 62 ж308||т емЧ+Ы||db
000000D0: AE 22 99 22-67 66 4F 90-3C 27 99 26-67 99 18 EC о'И'g'OP<'||8:g||тв
000000E0: B5 F7 19 C6-F3 54 9B E2-BA 97 1A B8-5F P4 CA CB 1j'1'f'И'т||ч>э-|'т
000000F0: 2E C6 67 B0-8D E2 B9 E2-8B AC D9 9'91 66 65 E6 fг'т'г'т'л'м'ыCfeu
00000100: 4B 91 AB 20-68 ED 82 F8-02 7A A3 90 82 FC KCl hsb'Qzr'X_EBN#
00000110: EB 06 E3 11-AB 50 4D 99-03 1B 4B 2' 9' 5' C0 15 ы'g'4'P'М'Ш'е'K'W'U'т'g
00000120: 42 64 6F A1-E0 DE D4 9F-AD 7F 8B 2' 9' 5' CB 84 Bдоер |'Е'я'Δ'л-к'т'пД
00000130: 98 90 9C 90-98 D0 F8 4B-98 94 26 48-8' 8' 8' E6 ШPЬPШ'Ш'окШФ'НИ'feu
00000140: 15 D6 D6 A9-64 61 C2 29-32 94 D7 83-80 94 D7 83-80 Sпm'da'т'2'Ф||Г'А$'т'
00000150: 9A C5 F9 30-B0 64 72 C0-B8 74 58 4B-9A 7' 9' 5' D' ь'т'0's'dr'1'т'K'Kbr;C
00000160: 86 95 C2 19-6F 4D 3F 49-58 9A C9 82-32 8D 7' 9' 5' D' ь'т'0's'dr'1'т'K'Kbr;C
```



Долговременное хранение



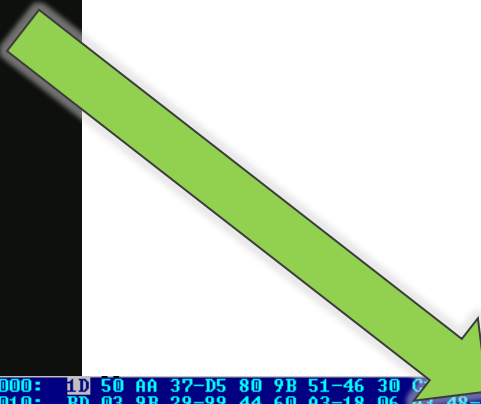
Моделирование

all known physics

$$\Psi = \int e^{i \int \left(\frac{R}{16\pi G} - \frac{1}{4} F^2 + \bar{\psi} i \not{D} \psi - \lambda H \bar{\psi} \psi + |DH|^2 - V(H) \right)} \mathcal{D}\phi$$

Labels around the equation: Schrodinger, Feynman, Planck, Einstein, Newton, Maxwell-Yang-Mills, Dirac, Yukawa, Kobayashi-Maskawa, Higgs, Lagrange.

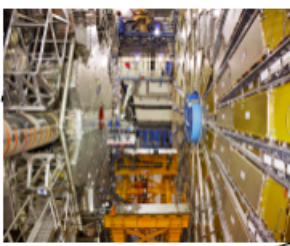
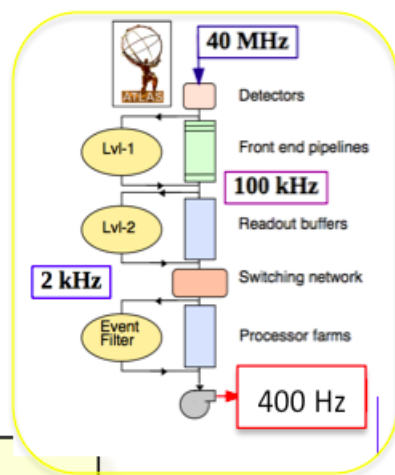
plus neutrino masses and mixing and dark matter



00000000:	1D	50	AA	37-D5	80	9B	51-46	30	0	43	48-8B	75	CE	1E	0PK7	gMQFO	43u	HA
00000010:	BD	03	9B	29-99	44	60	A3-18	06	43	48-8B	53	03	B0		UW>	UD	г	1CHNS
00000020:	68	50	47	62-EA	E5	F3	B1-74	C0	23	9E-09	B0	A4	93		hPGbъxе	t	LHHC	дУ
00000030:	88	E4	27	7F-62	B9	BA	FC-67	8C	66	7B-95	C4	AB	E1		Иф' Δb		kgME	К-лс
00000040:	F6	11	29	46-49	4C	EE	D3-58	D3	28	6C-5F	B0	8A	65		У4>	FIL	У8	UCL
00000050:	82	20	99	20-67	43	A6	0C-50	24	99	24-27	9B	D1	47		В	ll	gC*	9P5
00000060:	AD	1E	17	30-A5	D1	9B	E0-43	68	DE	D0-7F	CB	9B	85		нΔ	0e7	bp	Ch
00000070:	0A	37	6E	A0-97	20	D2	E2-9B	4C	86	81-9B	A4	D9	E4		07na4	гг	MLЖБ	дл'ф
00000080:	06	2E	DA	57-C5	D4	8B	42-1A	76	A2	3E-A5	2D	A3	0A		С.	гW+	тВ	ов
00000090:	48	01	44	87-AA	70	B6	EE-68	06	42	DA-BE	73	D9	A2		H0D3	кр	wh	EB
000000A0:	A0	46	50	61-56	D7	14	5A-6C	FD	77	A4-20	A3	01	76		aFPaU		QZ1	вуд
000000B0:	9C	81	87	3D-9F	B9	BC	E7-1E	C8	99	DE-97	D8	AB	F4		бB3-я		u	Ч
000000C0:	A6	87	30	38-C7	D2	00	00-F3	DC	97	2B-9B	DC	99	62		ж308		т	e
000000D0:	AE	22	99	22-67	66	4F	90-3C	27	99	26-67	99	18	EC		о"Ш"	gFOP	<	Ш8
000000E0:	B5	F7	19	C6-F3	54	9B	E2-BA	97	1A	B8-5F	F4	CA	CB		йy	l	е	TW
000000F0:	2E	C6	67	B0-8D	E2	B9	E2-8B	AC	D9	9B-91	66	65	E6		.	т		т
00000100:	4B	91	AB	20-68	ED	82	F8-02	7A	43	58-5F	F0	82	FC		КСл	hэB	0z	гХ
00000110:	EB	06	E3	11-AB	50	4D	99-03	1B	4B	14-03	55	C0	15		мФy	4LR	Ш	е
00000120:	42	64	6F	A1-E0	DE	D4	9F-AD	7F	8B	2D-AA	BF	CB	84		Bдоер		я	но
00000130:	98	90	9C	90-98	D0	F8	4B-98	94	26	48-88	D5	A5	E6		ШРЬРШ	Ш	КШФФ	НИ
00000140:	15	D6	D6	A9-64	61	C2	29-32	94	D7	83-80	24	C2	2D		Зппи	da	т>	2Ф
00000150:	9A	C5	F9	30-B0	64	72	C0-B8	74	58	4B-9A	72	3B	7B		бт	-0	dr	т
00000160:	86	95	C2	19-6F	4D	3F	49-58	9A	C9	82-32	8D	83	D4		ЖХ	т	оM?	т

Reduce data volume in stages
 Select ONLY 'interesting' events
 Initial data rate (25 ns) :
 40 000 000 events/s
 Selected and stored
 400 events/s

Data and Computation for Physics Analysis



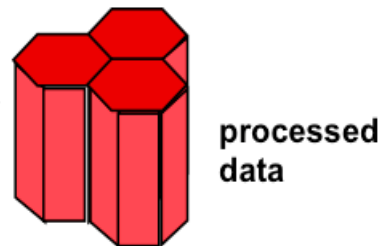
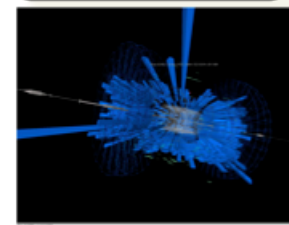
event filter
 (selection &
 reconstruction)

```

0x01e84c10: 0x01e8 0x8848 0x1e8 0x328 0xc73 0x672 0x740 0x000
0x01e84c20: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x01e8 0x4d8 0x01e8 0x5b7
0x01e84c30: 0x01e8 0x87e8 0x1e8 0x458 0x7061 0xc36b 0x6167 0x650
0x01e84c40: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5b7
0x01e84c50: 0x01e8 0x8788 0x1e8 0x498 0x7072 0x6ab5 0x0000 0x000
0x01e84c60: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5b7
0x01e84c70: 0x01e8 0x8814 0x1e8 0x428 0xc265 0x0000 0x0000 0x000
0x01e84c80: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5b7
0x01e84c90: 0x01e8 0x8838 0x1e8 0x428 0xc265 0x0000 0x0000 0x000
0x01e84ca0: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5b7
0x01e84cb0: 0x01e8 0x8818 0x1e8 0x4358 0xc265 0x0000 0x0000 0x000
0x01e84cc0: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5b7
0x01e84cd0: 0x01e8 0x8788 0x1e8 0x458 0xc265 0x0000 0x0000 0x000
0x01e84ce0: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5b7
0x01e84cf0: 0x01e8 0x87e8 0x1e8 0x458 0xc265 0x0000 0x0000 0x000
0x01e84d00: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5b7
0x01e84d10: 0x01e8 0x87e8 0x1e8 0x458 0xc265 0x0000 0x0000 0x000
0x01e84d20: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5b7
0x01e84d30: 0x01e8 0x87e8 0x1e8 0x458 0xc265 0x0000 0x0000 0x000
0x01e84d40: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5b7
0x01e84d50: 0x01e8 0x8808 0x1e8 0x468 0xc274 0x7299 0x0000 0x000
0x01e84d60: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5b7
0x01e84d70: 0x01e8 0x87e8 0x1e8 0x458 0xc265 0x0000 0x0000 0x000
0x01e84d80: 0x0000 0x0019 0x000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5b7
0x01e84d90: 0x01e8 0x87e8 0x1e8 0x458 0xc265 0x0000 0x0000 0x000
  
```

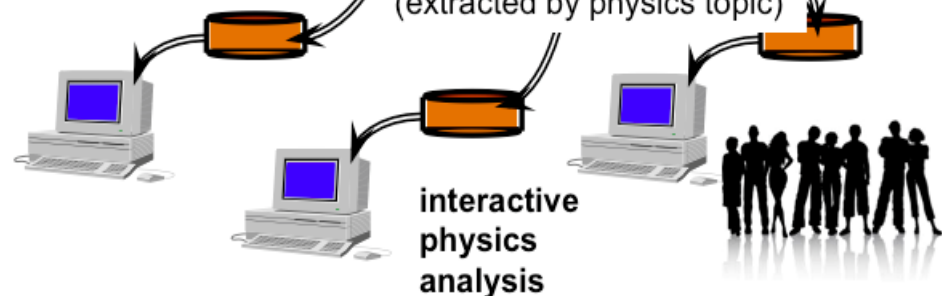


event reconstruction



batch physics analysis

analysis objects
 (extracted by physics topic)



event simulation



1997

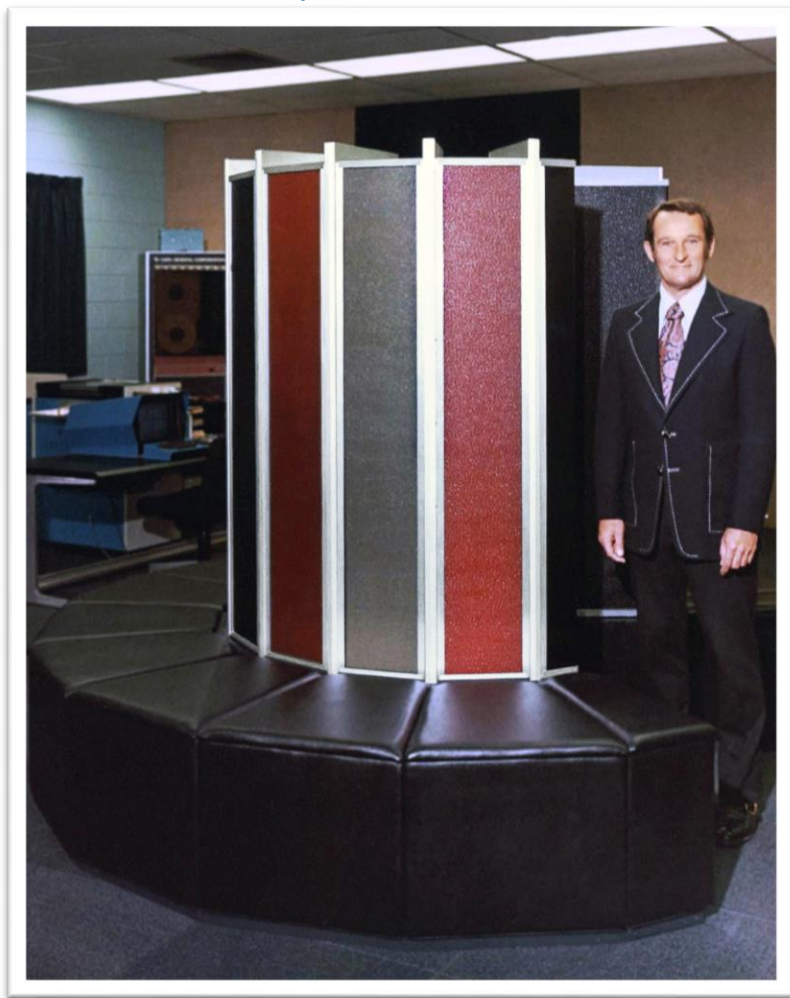


Internet
пользователи:
70 000 000
Скорость 28.8kbps



Интересный факт!

Интересный факт!!!

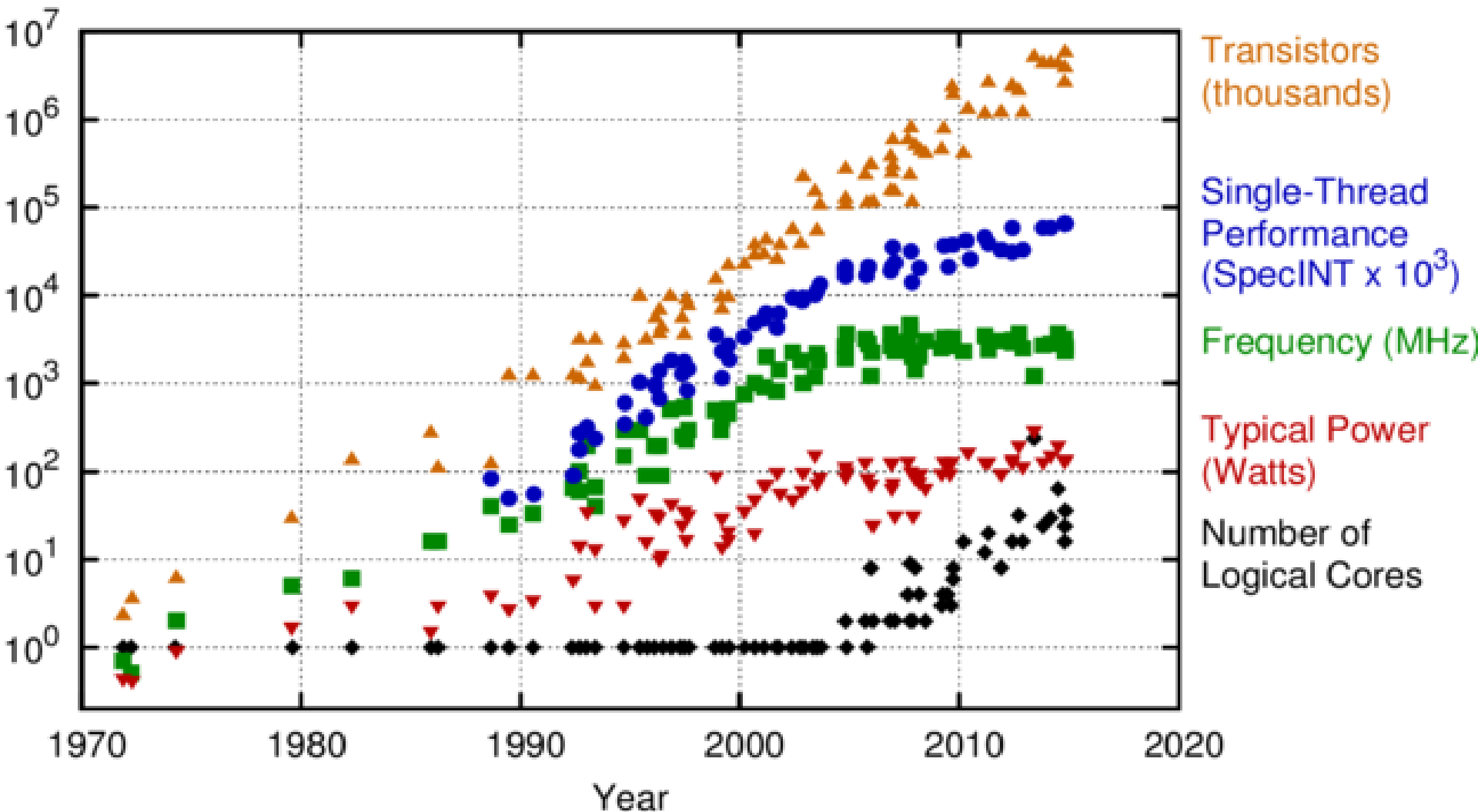


Cray-1 - 1976

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



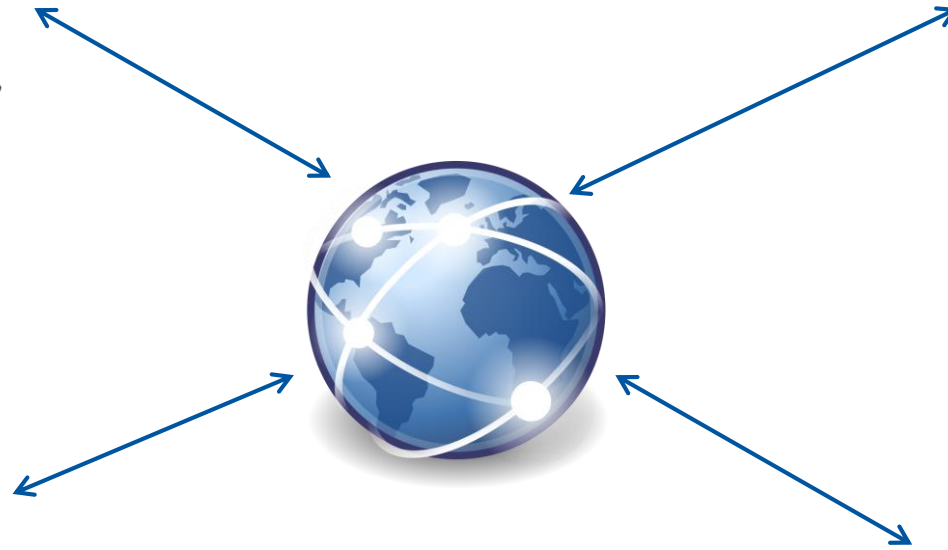
WorkNode



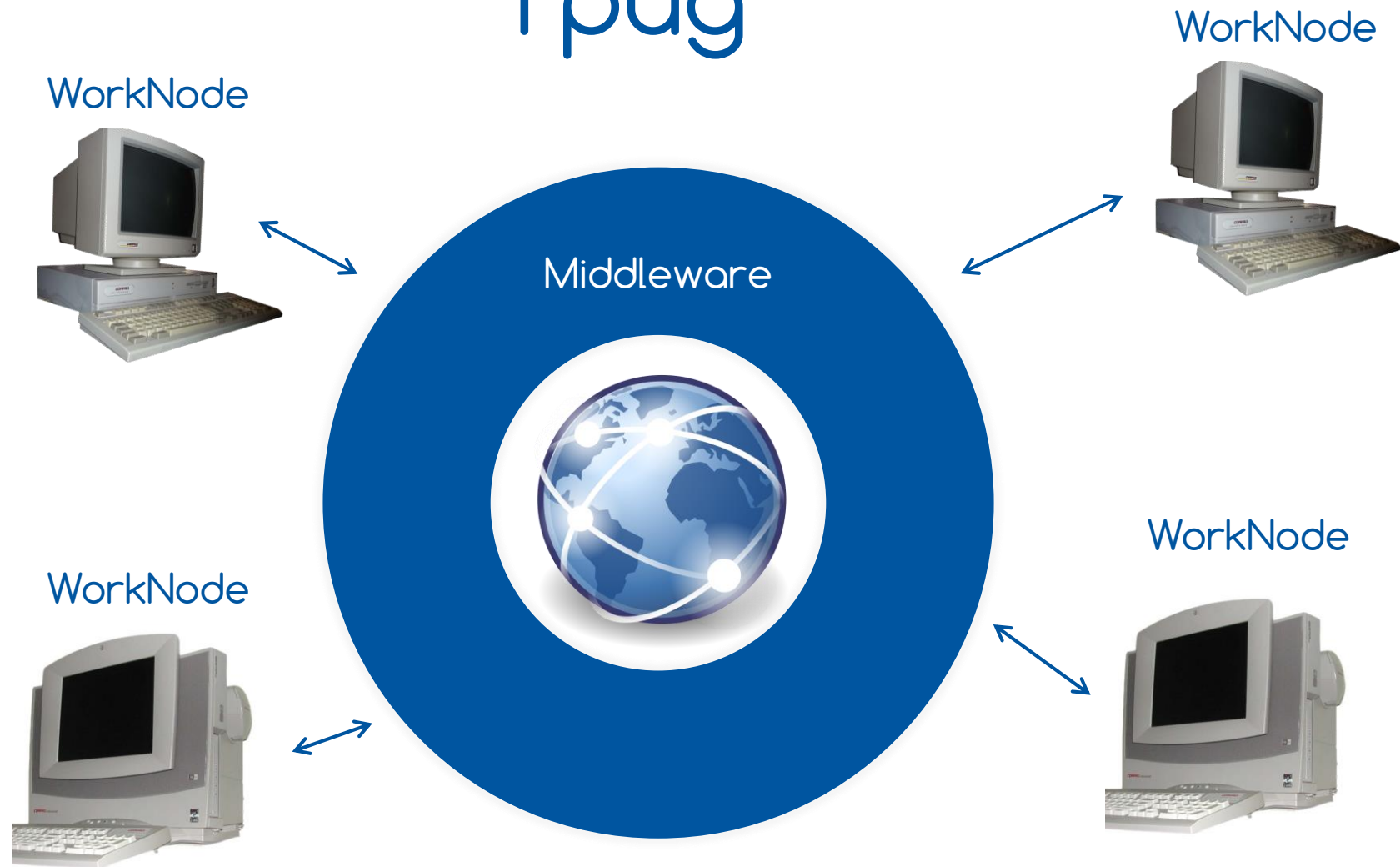
WorkNode



WorkNode



Гrug



Грид

Grid site



Grid site



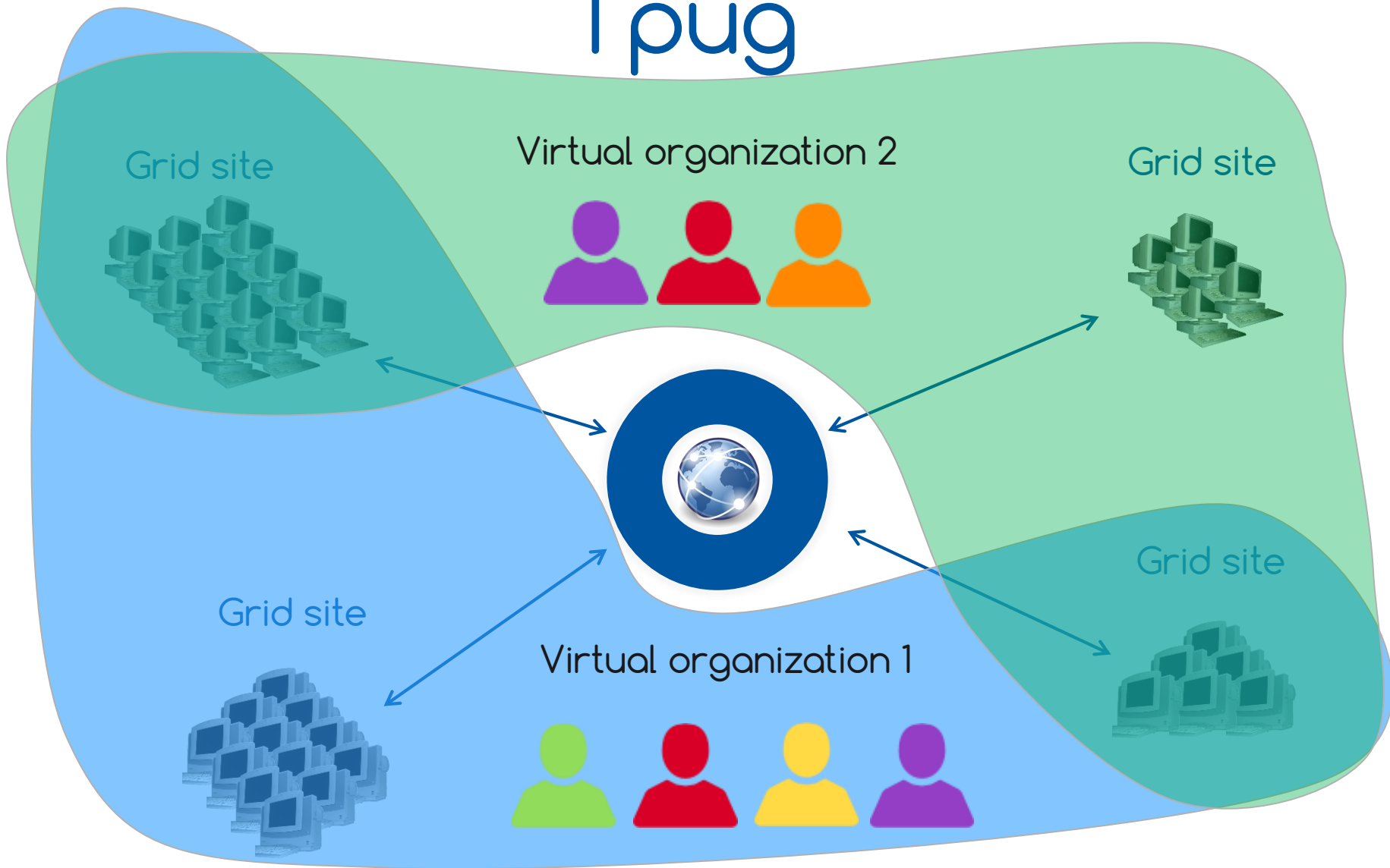
Grid site



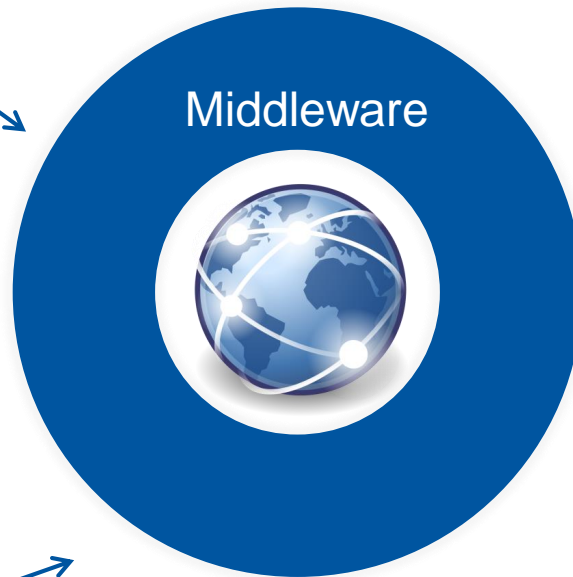
Grid site



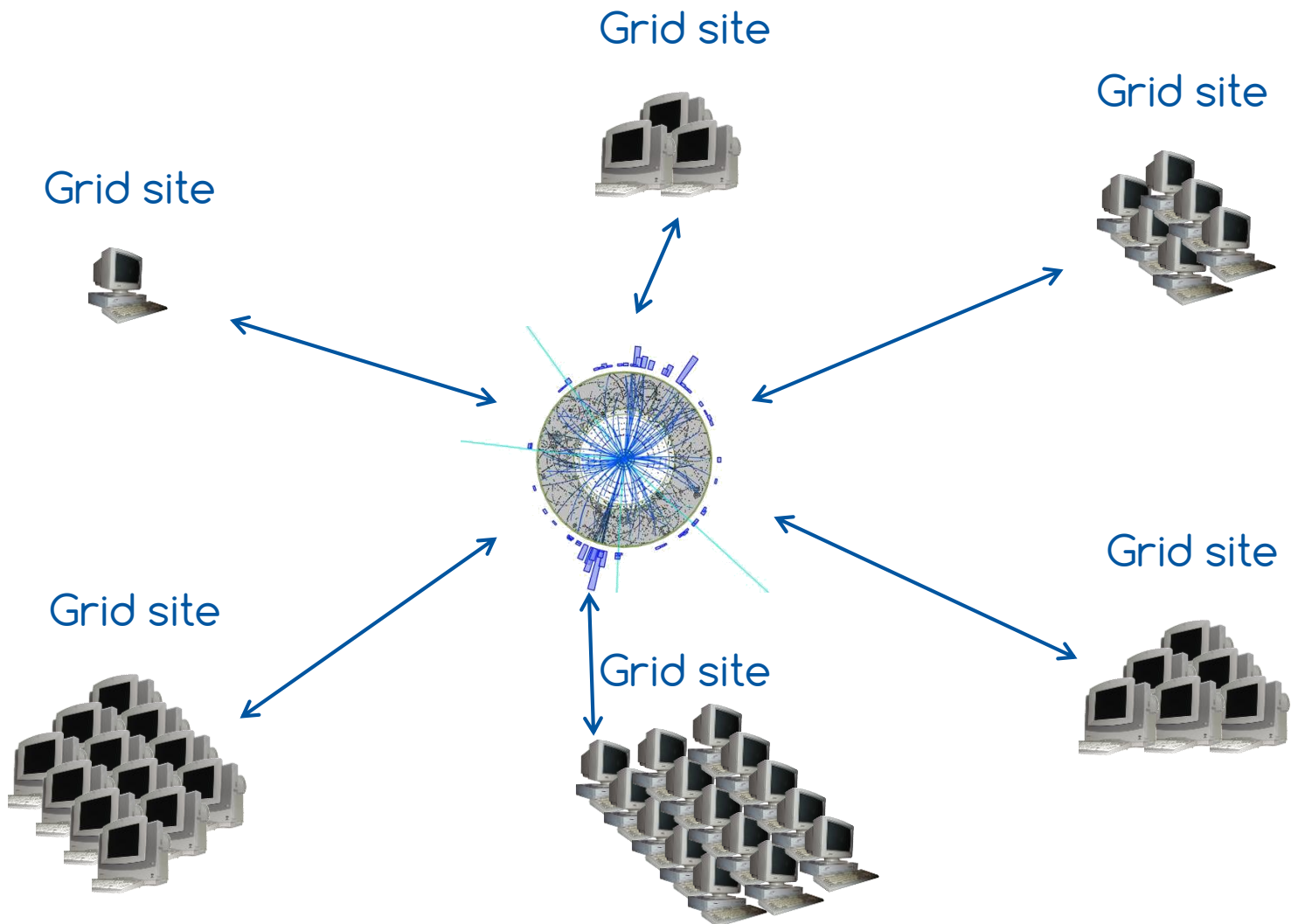
Грyг



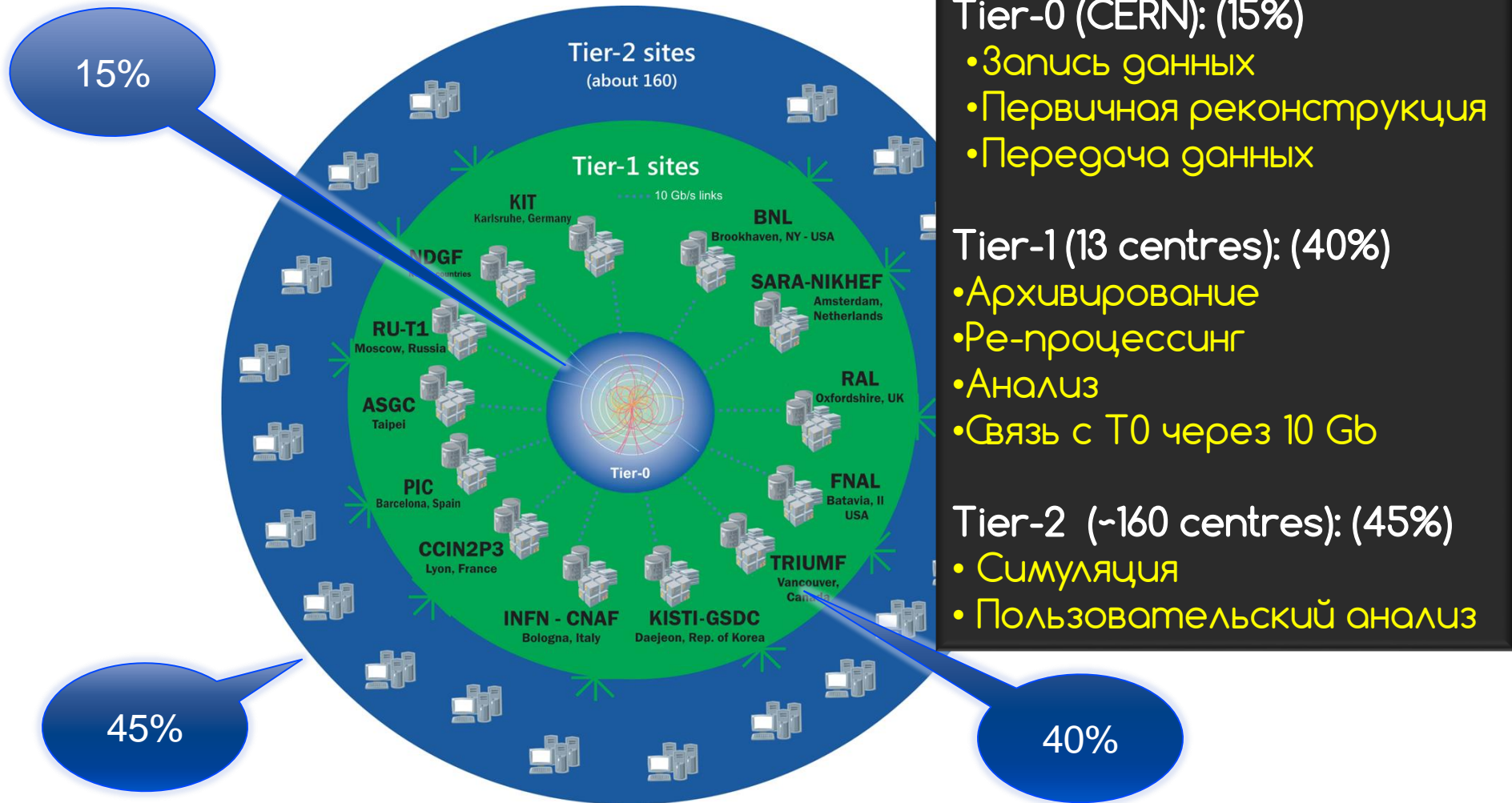
Грид сейчас



Простейший grid



Грид иерархия



Сложности



Безопасность



Передача данных



Хранение данных



Аккаунтинг



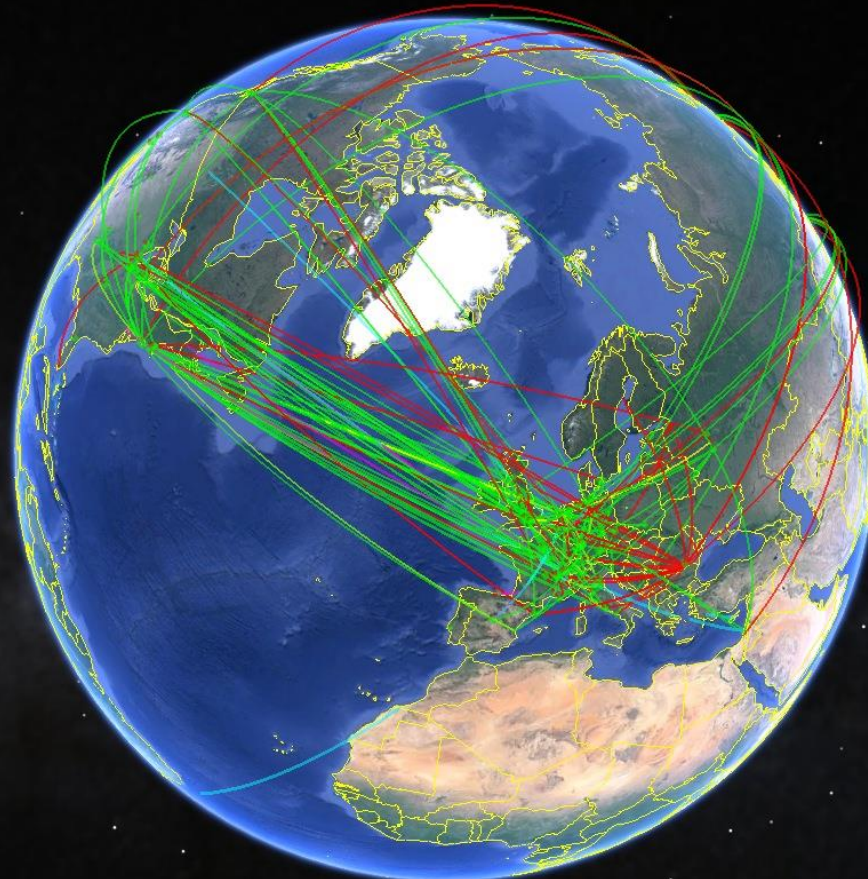
Мониторинг



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



9 ноября 2017

RLTP2017

57

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. Ввод в эксплуатацию: 2020



Благодарности

Благодарность Учебному Центру ОИЯИ за возможность выступить на 10-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.

Спасибо за внимание!

