

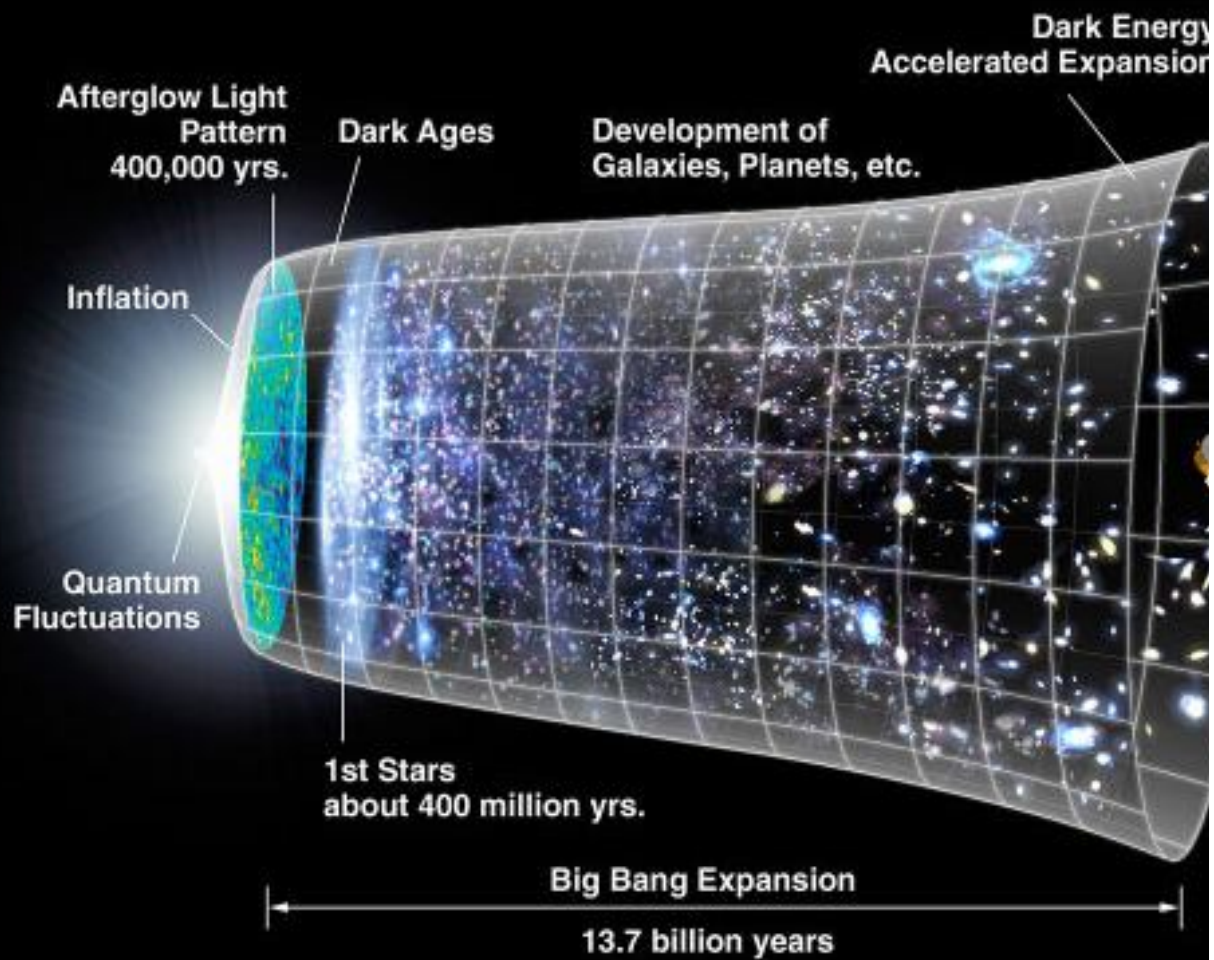


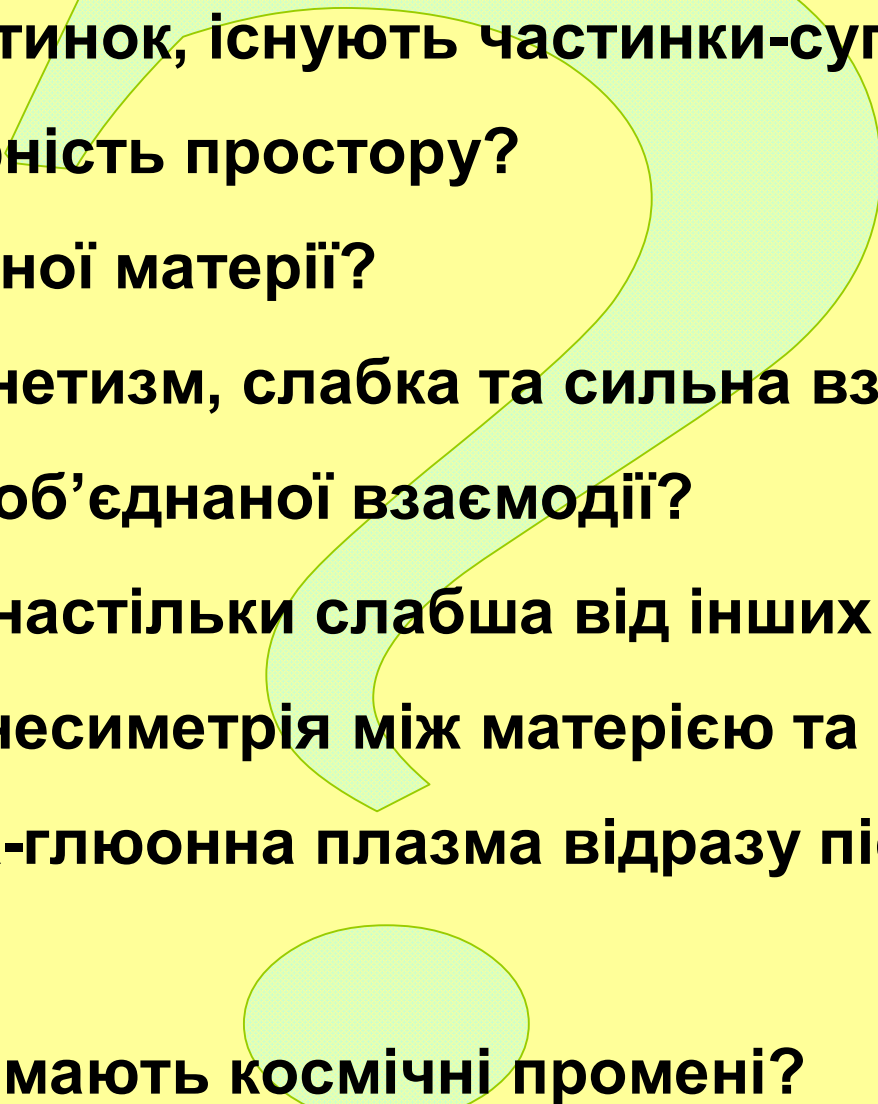
Фестиваль науки 2013



Знайомтеся: бозон Хіггса

*Скоренький Юрій Любомирович
кафедра фізики Тернопільського національного
технічного університету ім. І. Пулюя*





Чи, крім античастинок, існують частинки-суперпартнери?

Яка дійсна вимірність простору?

Яка природа темної матерії?

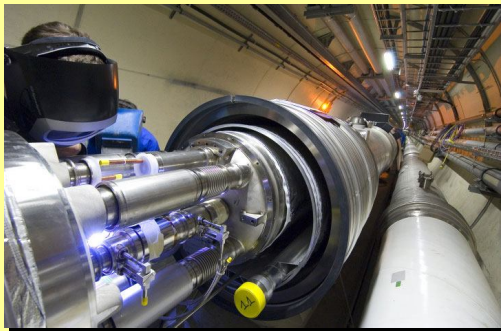
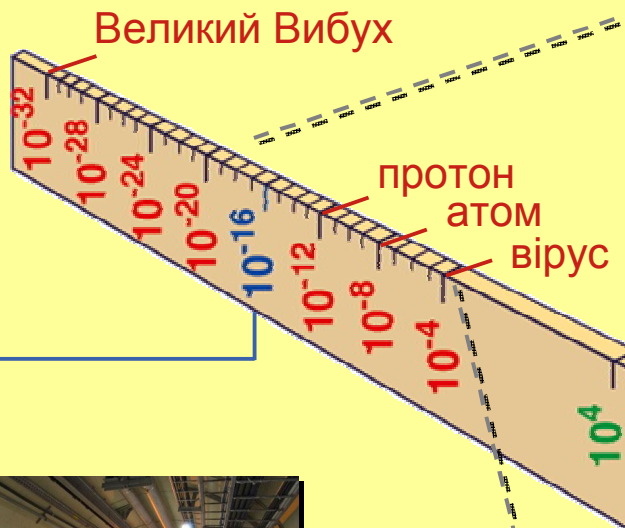
Чи є електромагнетизм, слабка та сильна взаємодії проявом єдиної об'єднаної взаємодії?

Чому гравітація настільки слабша від інших взаємодій?

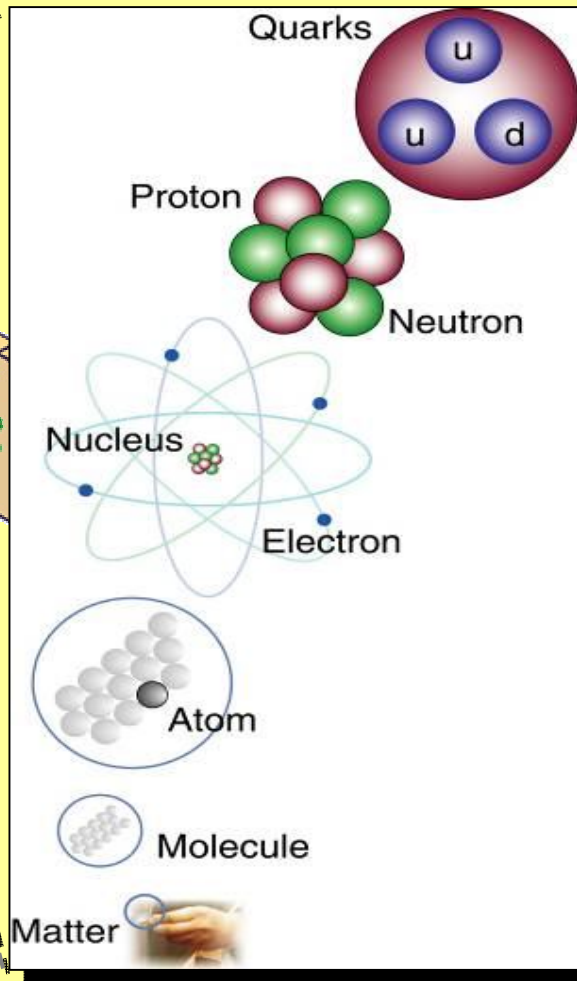
Чим зумовлена несиметрія між матерією та антиматерією?

Якою була кварк-глюонна плазма відразу після Великого Вибуху?

Яке походження мають космічні промені?



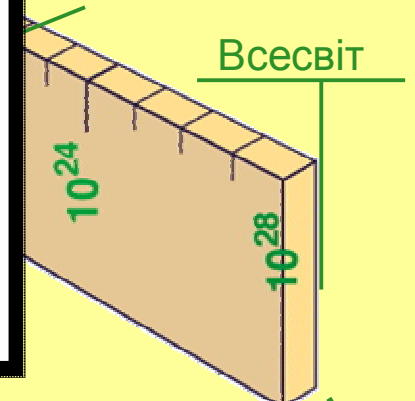
Великий адронний колайдер



ОНЦЯ

Розмір галактики

Всесвіт



CM

ВЕЛИКИЙ АДРОННЫЙ КОЛАЙДЕР

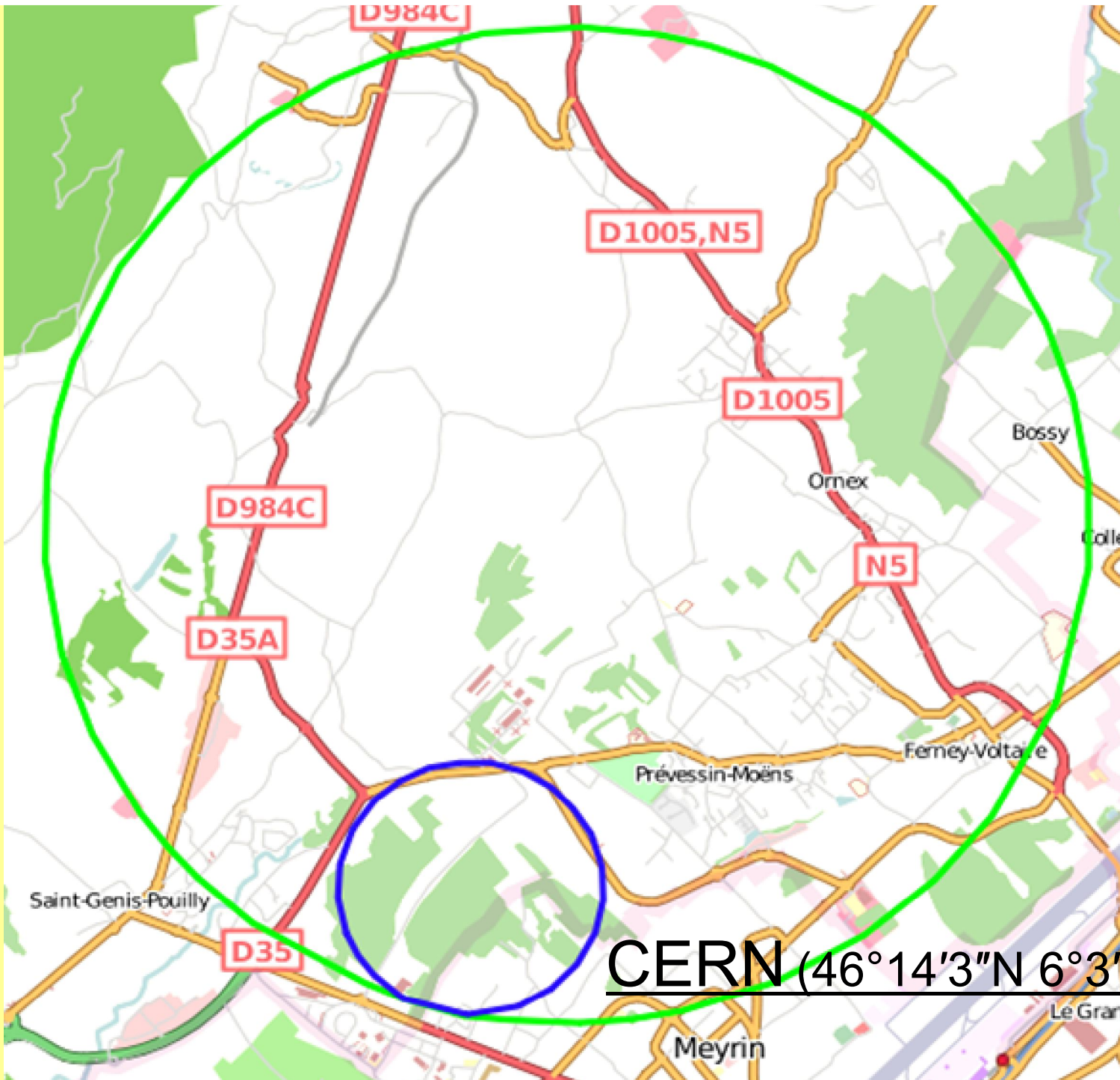
Large Hadron Collider

LHC

ВЕЛИКИЙ

LARGE

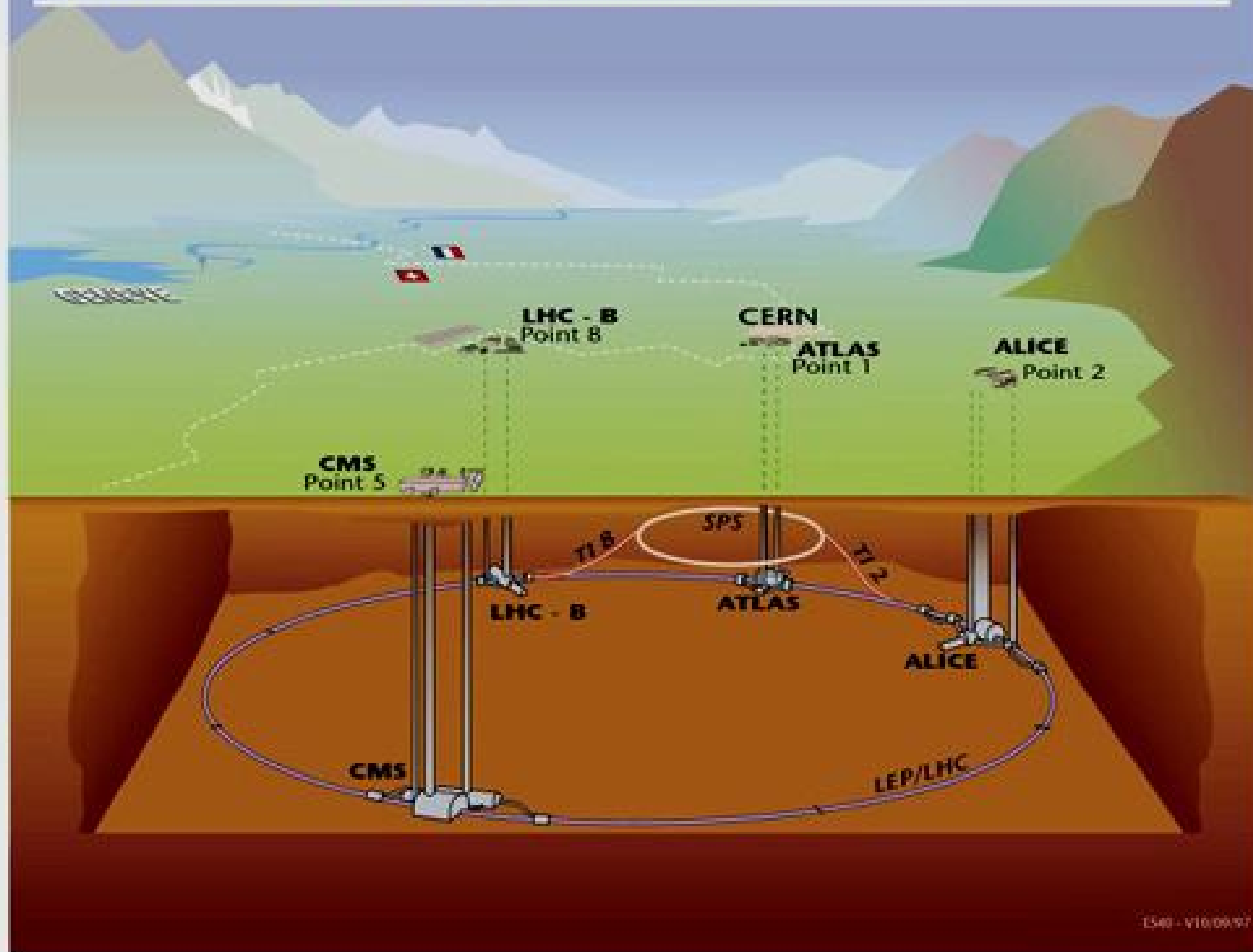




CERN (46°14'3"N 6°3'19"E)



Overall view of the LHC



European Organization for Nuclear Research

Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire

Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire

заснований у 1954 році.



1973: Відкриття “нейтральних струмових збуджень”

1983: Відкриття W та Z бозонів – квантів слабкої взаємодії

1989: Визначення кількості видів нейтрино

1995: Утворення першого штучного атому антигідрогену

1999: Відкриття порушення комбінованої CP-симетрії

2010: Досягнення енергій в кілька тераелектронвольт

2012: Підтвердження відкриття бозону Хіггса



перший Web сервер (1989)

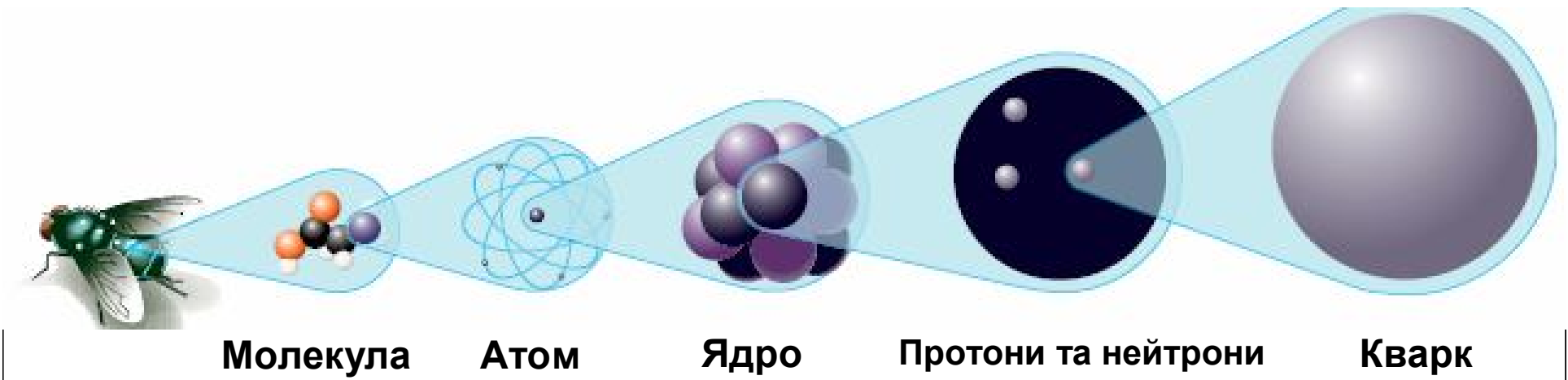


Тім Бернерс-Лі

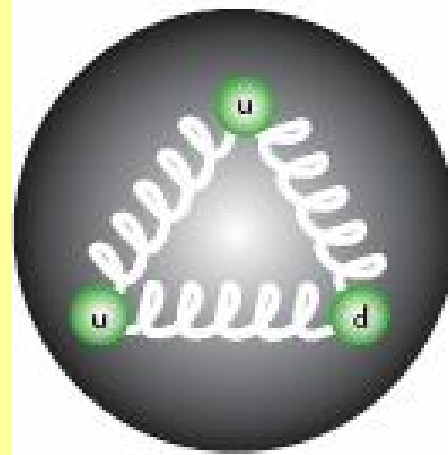


АДРОННЫЙ

HADRON



Кваркова структура протона



up



down



charm



strange



top



bottom



e - neutrino



electron



μ - neutrino



muon



τ - neutrino



tau

Стандартна модель

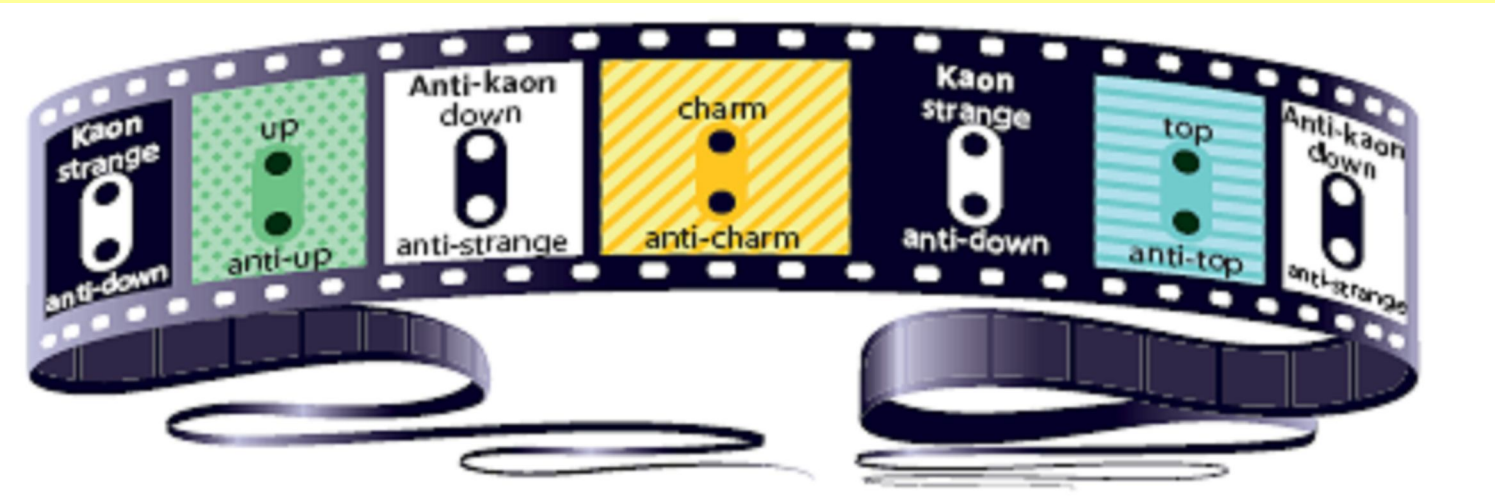
Елементарні частинки

Лептони	електронне нейтрино	мюонне нейтрино	тау нейтрино
	електрон	мюон	тау-мезон
Кварки	верхній	чарівний	істинний
	нижній	дивний	красивий

Хіггс?

Фундаментальні взаємодії

електромагнітна	кванти фотон
слабка	W, Z -бозони
сильна	глюони





Robert Brout, François Englert and Peter Higgs

Механізм Браута-Енглерта-Хіггса
набуття елементарними частинками...

маси

Бозон Хіггса (*Higgs boson*),

ВІН ЖЕ ХІГГС,

ВІН ЖЕ ГІГГС,

він же Englert-Higgs-Guralnik-Kibble-Brout-Hagen particle

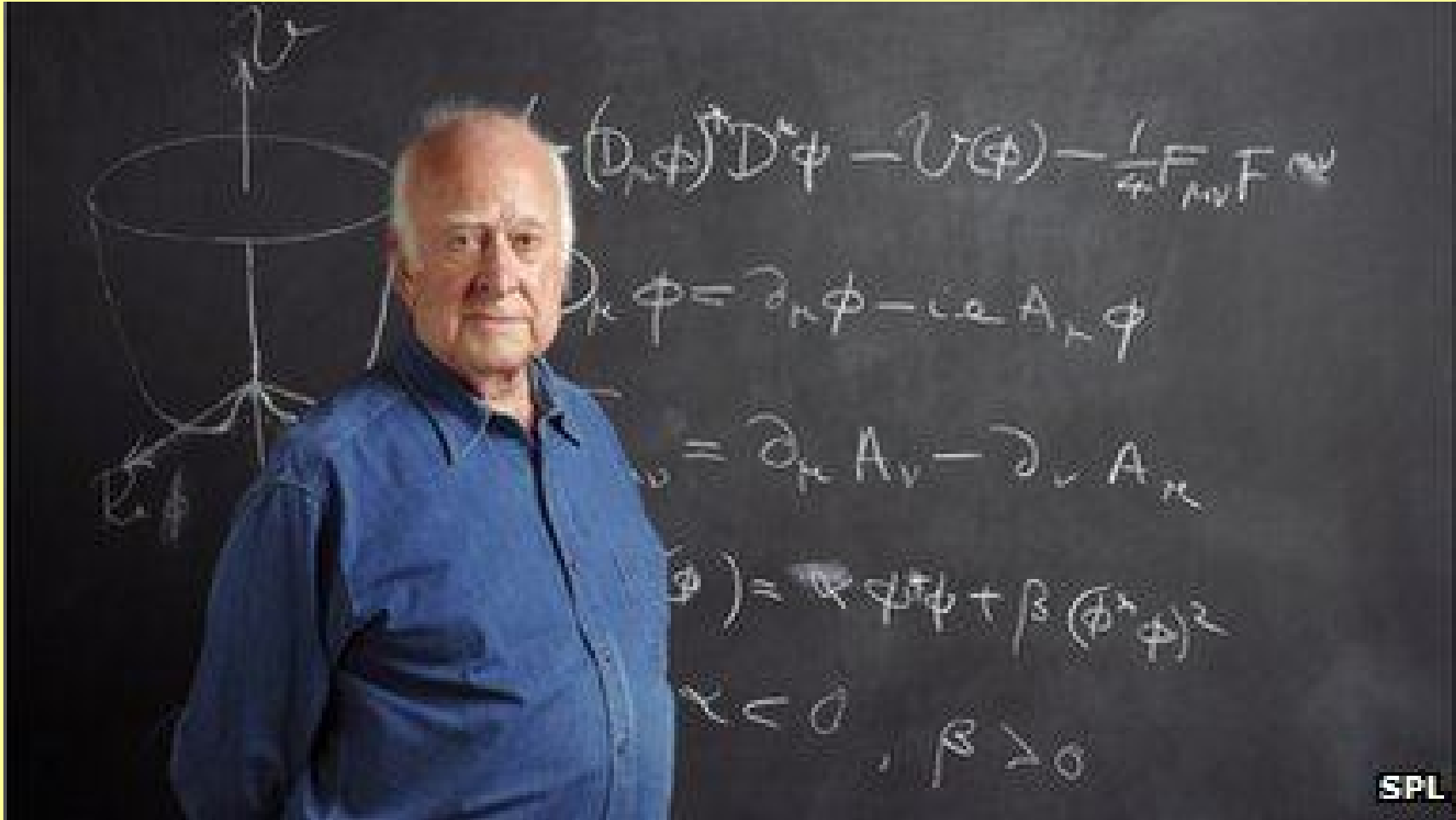
він же Standard Model Scalar Meson

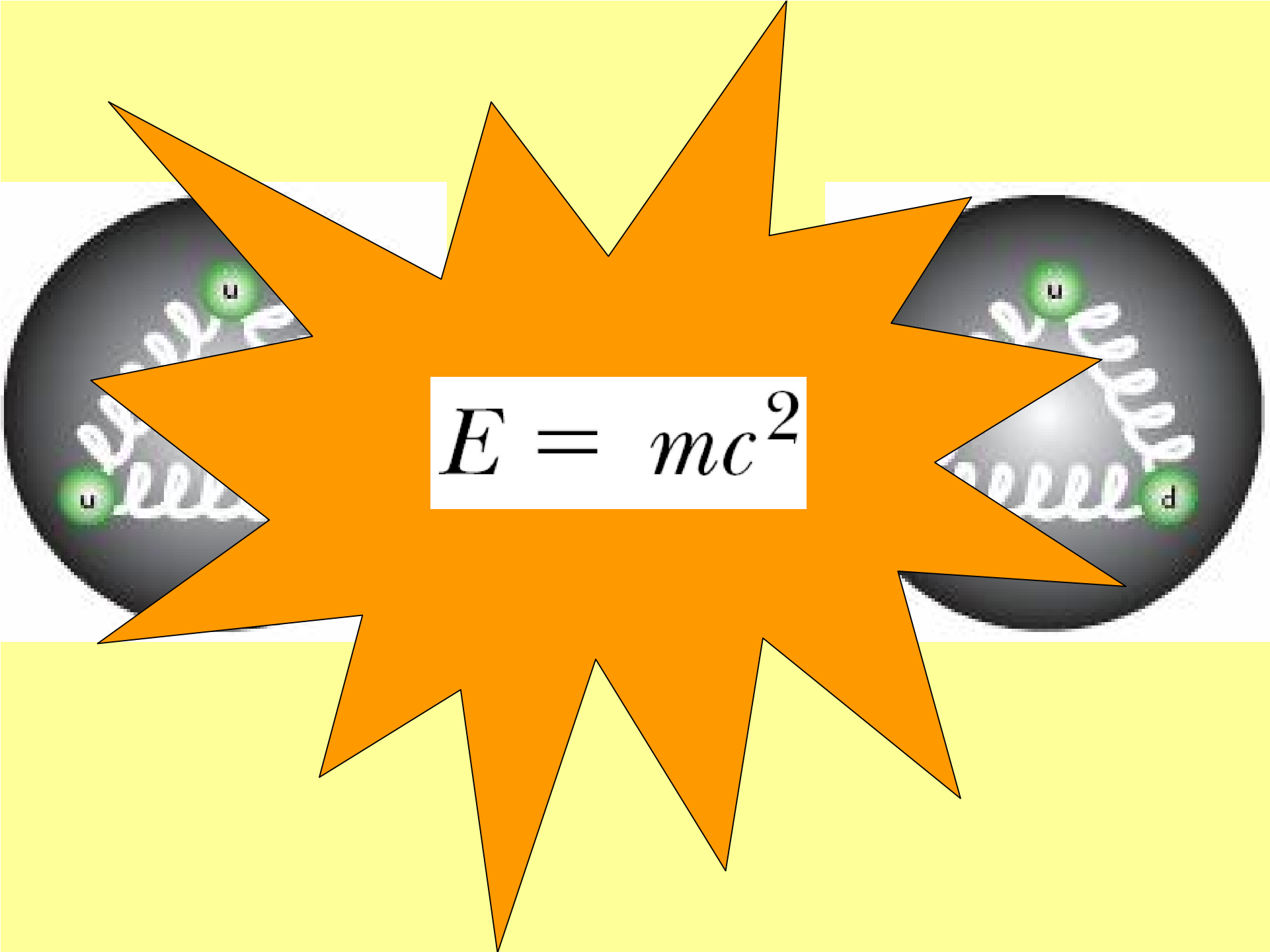
ВІН ЖЕ (МОЖЛИВО)

ВЕНГІНК", вимовлятиметься "берк"

Robert Brout, Francois Englert, Peter Higgs,

Gerald Guralnik, Carl Hagen , Tom Kibble





The diagram illustrates a nuclear fission reaction. A central orange starburst contains the equation $E = mc^2$. To the left and right are two dark grey spheres representing nuclei. The left sphere contains two green circles labeled 'u' (up quarks) and a white wavy line representing gluons. The right sphere contains two green circles labeled 'u' (up quarks) and one green circle labeled 'd' (down quark), with a white wavy line representing gluons. The entire scene is set against a light yellow background.

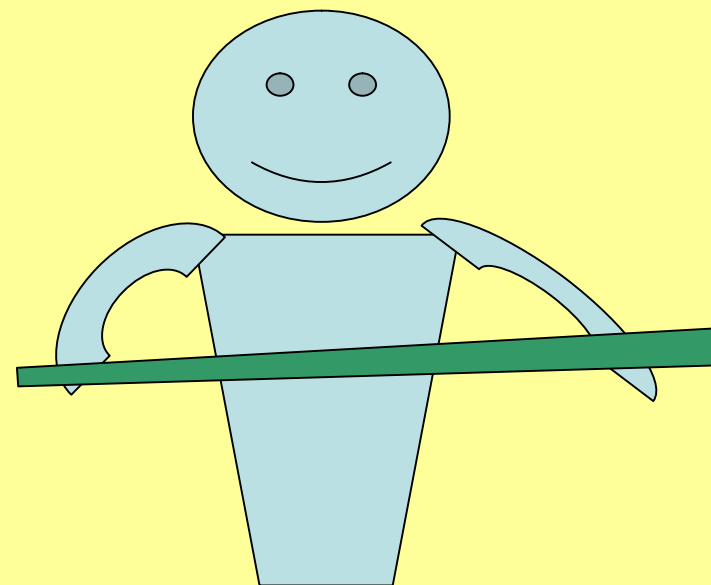
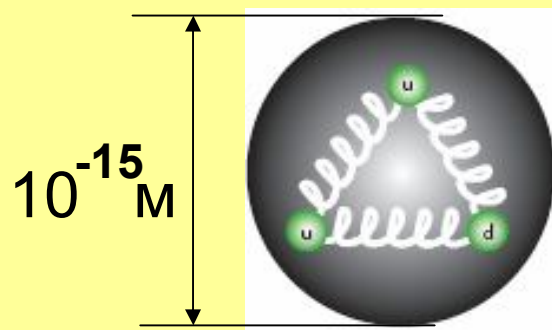
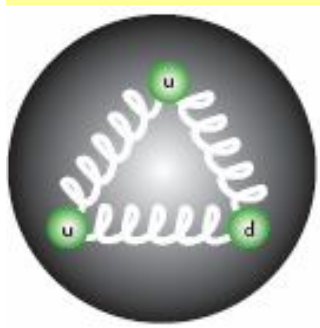
$$E = mc^2$$

КОЛАЙДЕР

COLLIDER

collide [kə'laɪd]

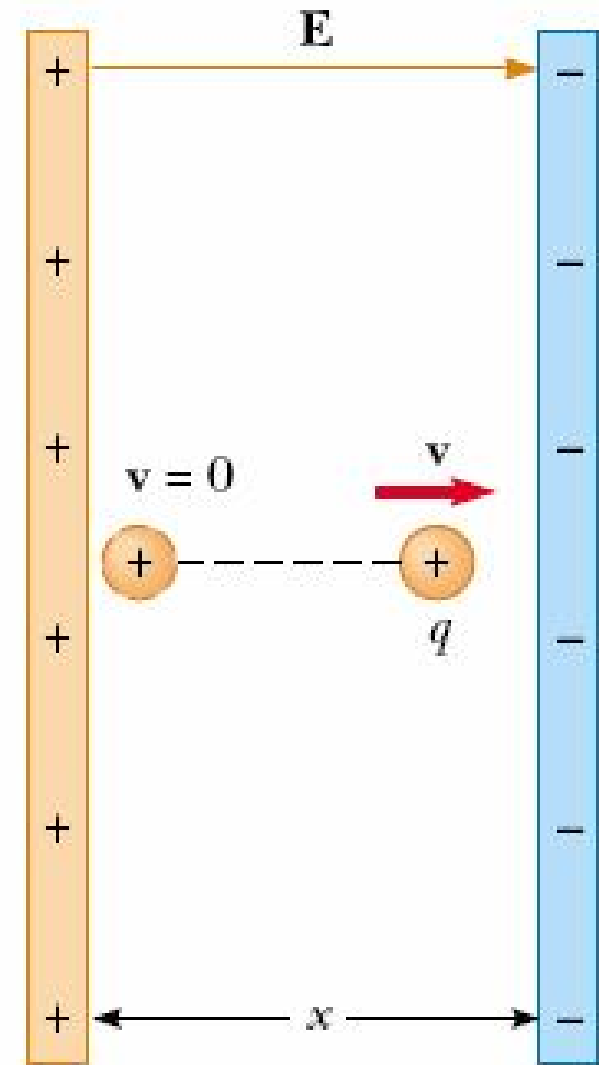
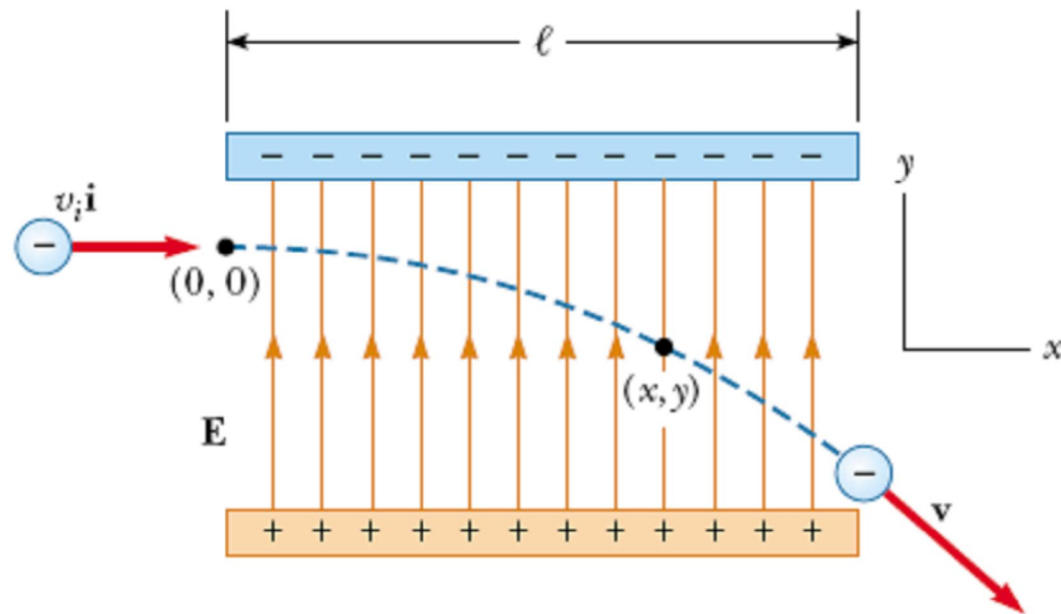
- стикатися, зіткнутися





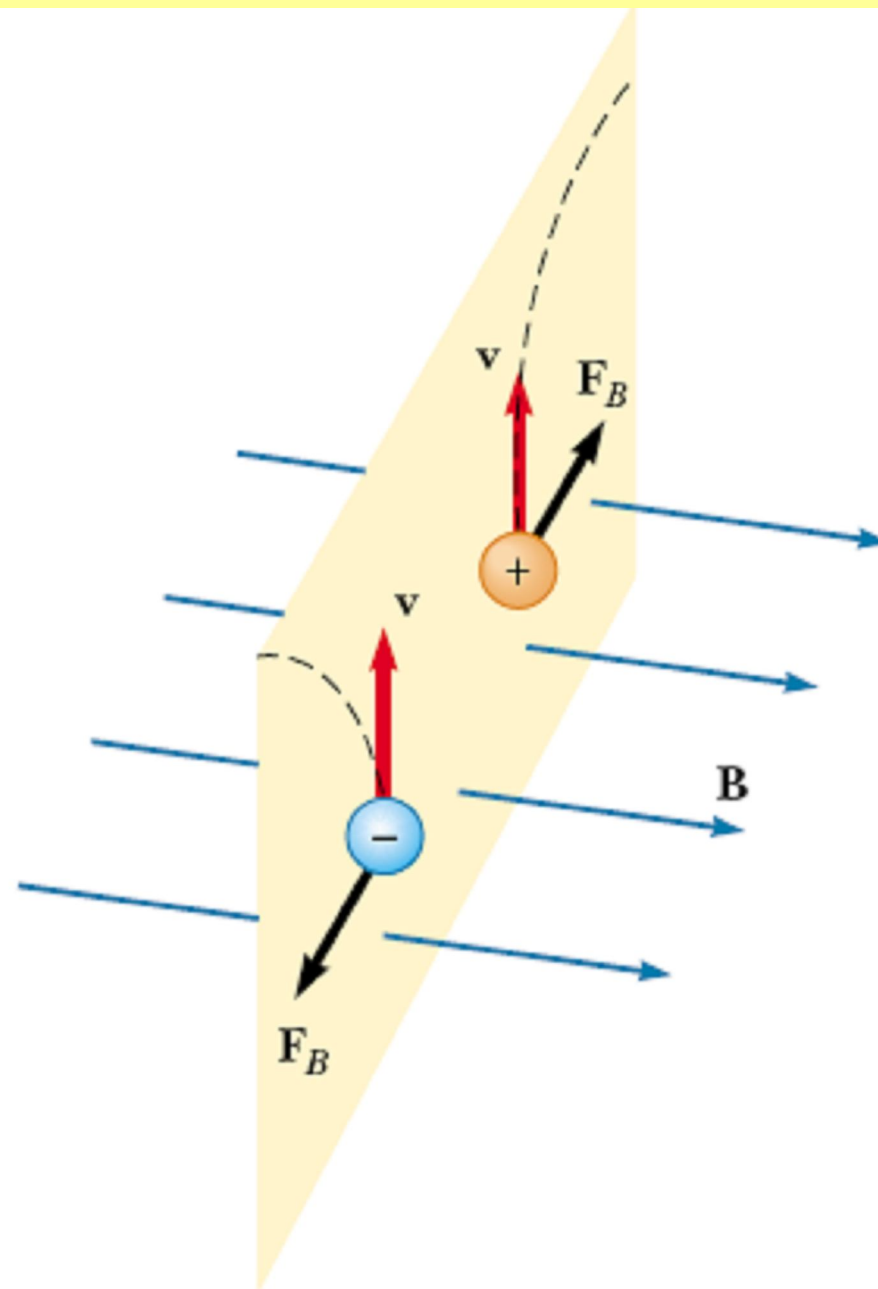
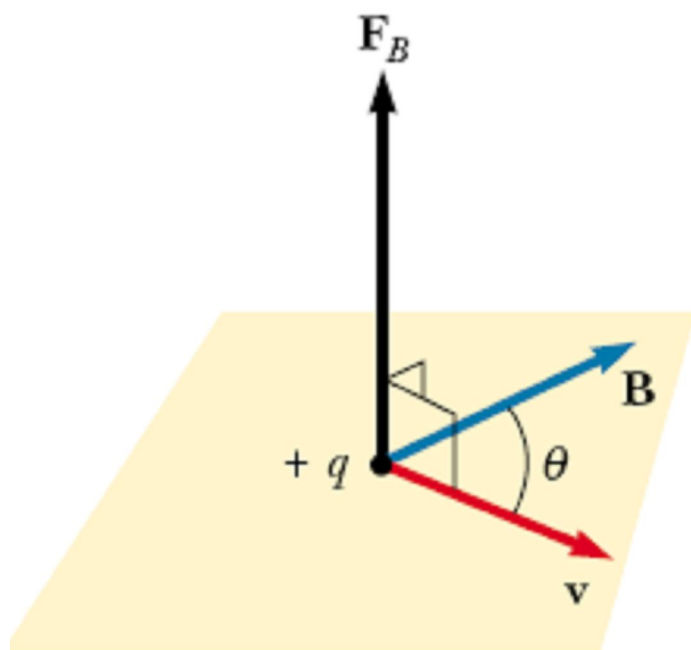
Рух зарядженої частинки у електричному полі

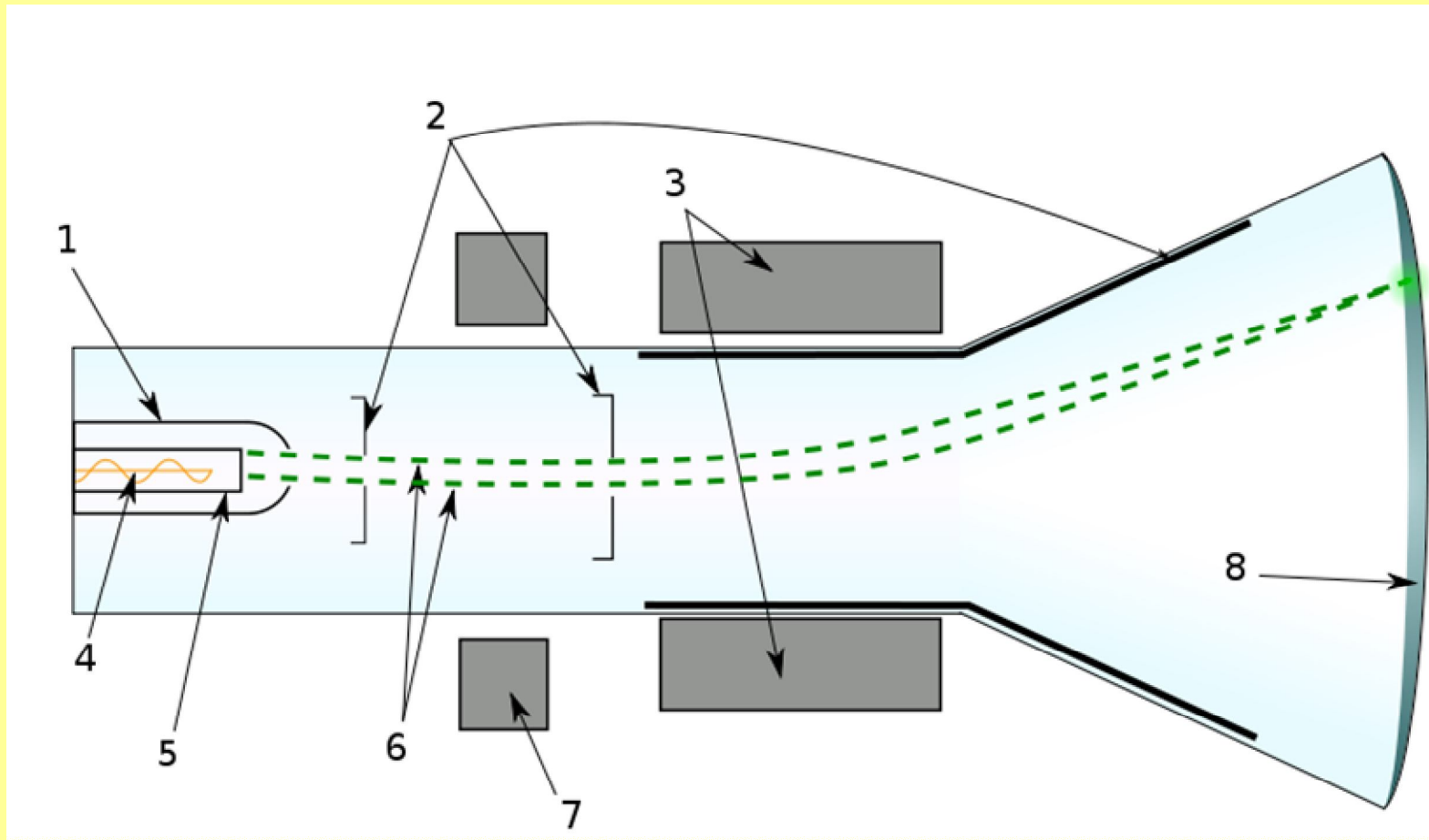
$$\mathbf{F}_e = q\mathbf{E} = m\mathbf{a}$$

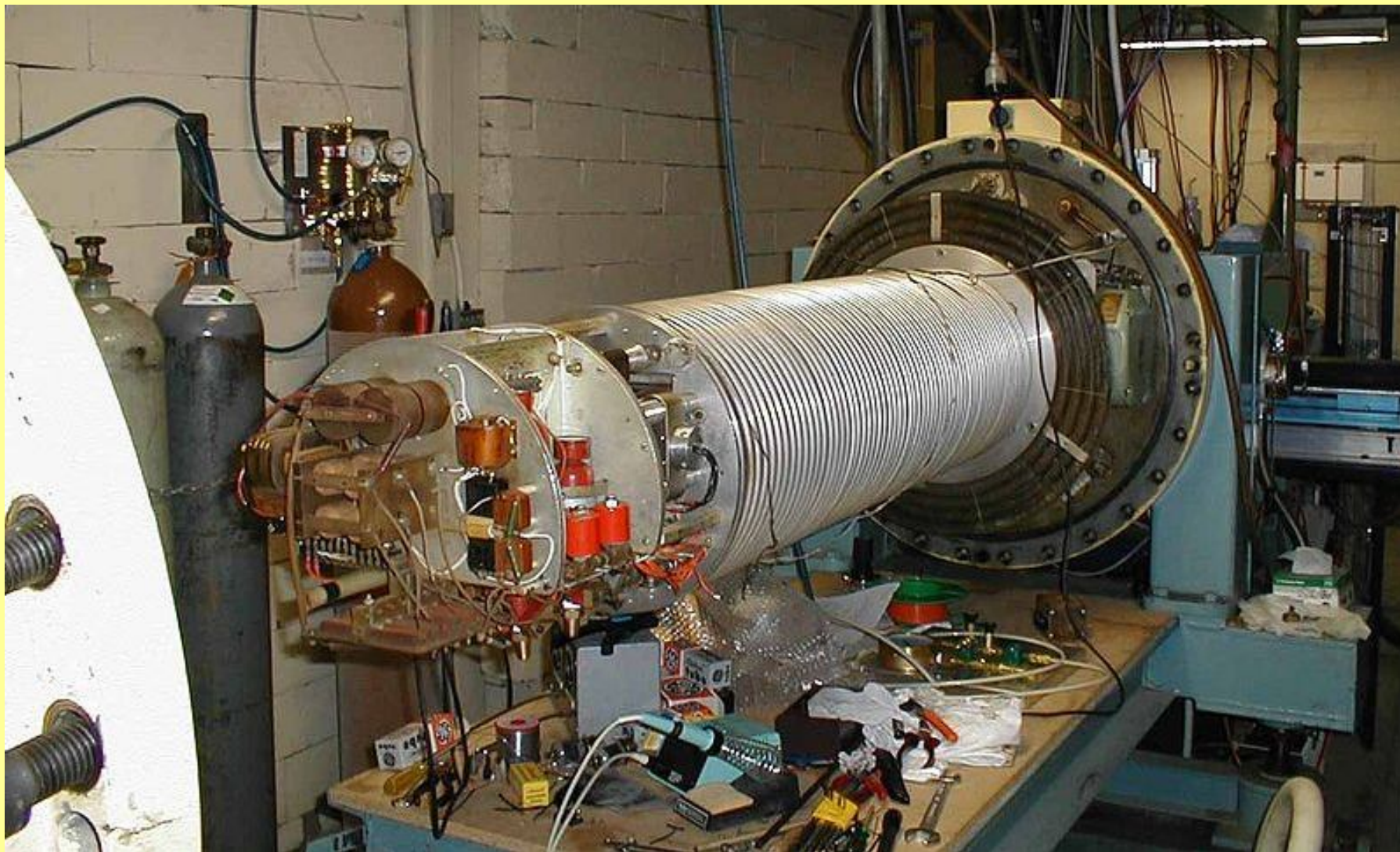


Сила Лоренца

$$F_B = |q|vB \sin \theta$$







лінійний прискорювач Ван де Граафа (2 MeV)

електронвольт

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1 \text{ В} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

кілоелектронвольт

$$1 \text{ кеВ} = 10^3 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-16} \text{ Дж}$$

мегаелектронвольт

$$1 \text{ МеВ} = 10^6 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$$

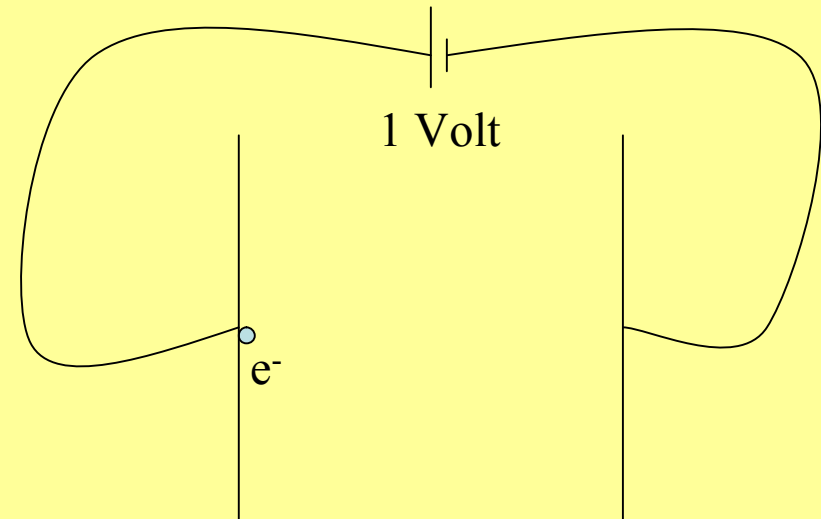
гігаелектронвольт

$$1 \text{ ГеВ} = 10^9 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$$

тераелектронвольт

$$1 \text{ ТеВ} = 10^{12} \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$$

$$A = q \cdot \Delta\varphi$$

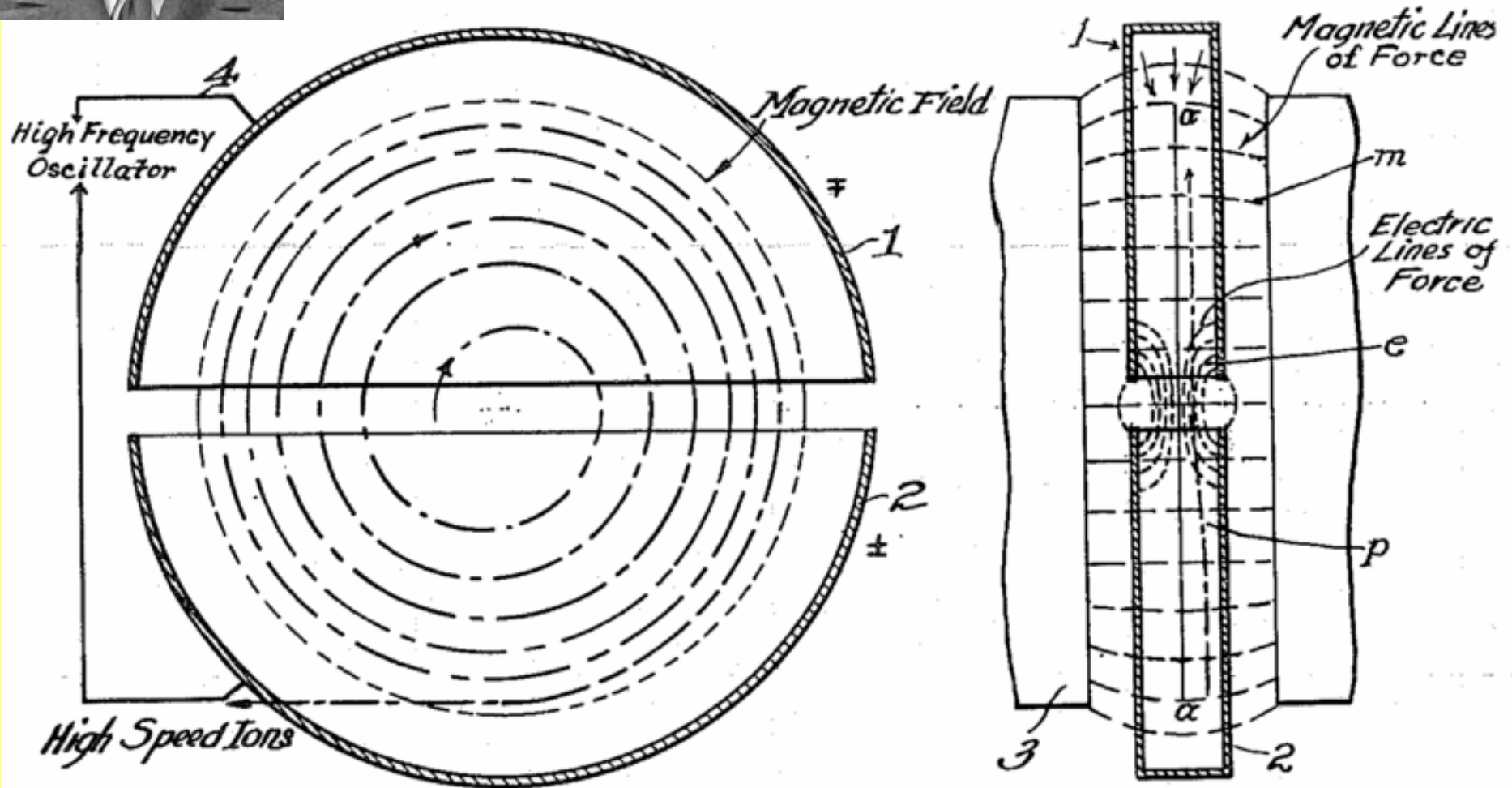




Ернест Лоуренс (Ernest Lawrence)

циклотрон, 1929

2 січня 1931р. Досягнув енергії 80 000 електронвольт

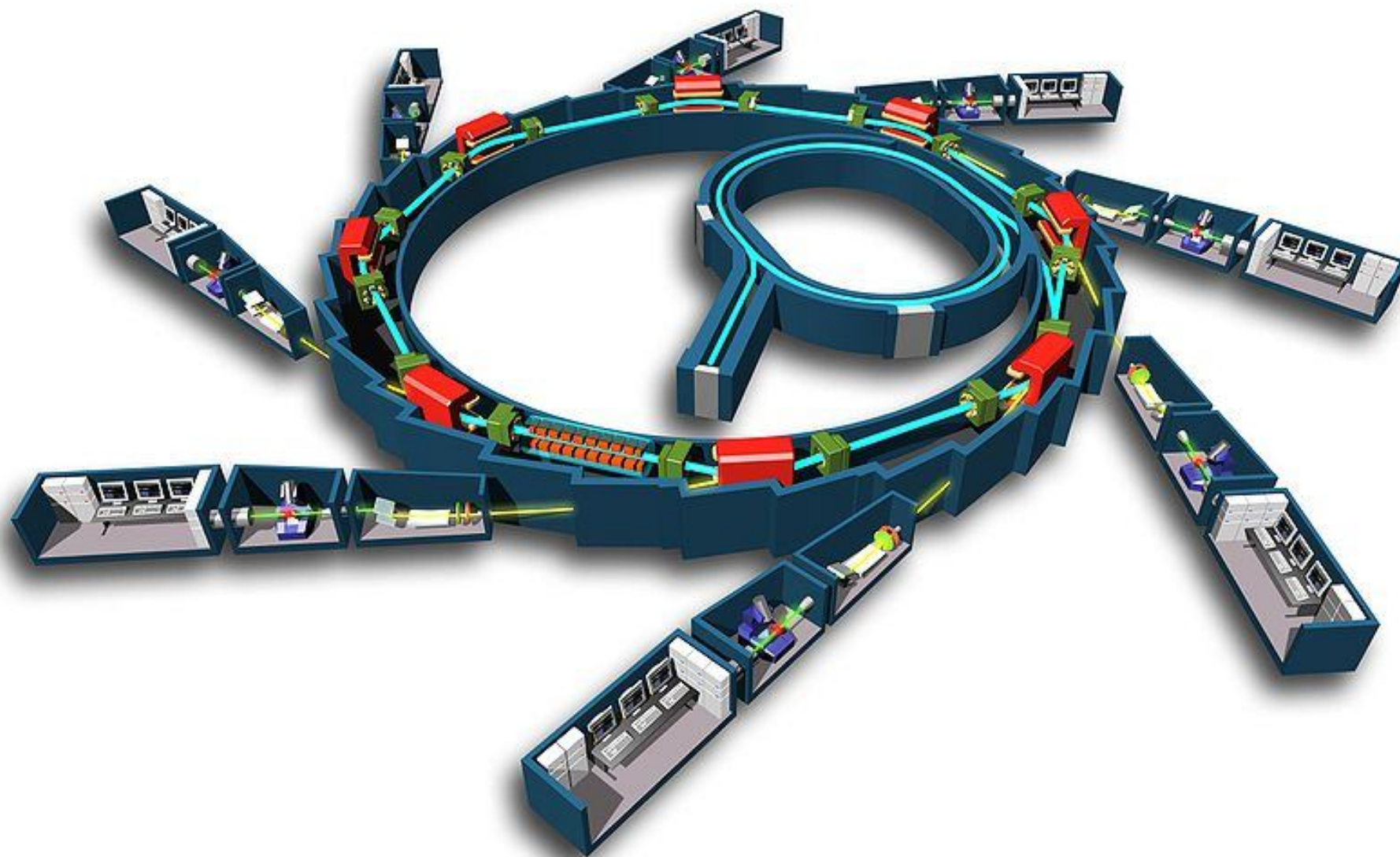


В світі налічується 26,000 діючих прискорювачів

- ~ 1% дослідницькі установки для енергій > 1 GeV,
- ~ 44% використовуються в радіотерапії,
- ~ 41% для іонної імплантації,
- ~ 9% в промисловості,
- ~ 4% для біомедичних досліджень.

Tevatron	<i>Fermilab, 1987–present</i>
Relativistic Heavy Ion Collider	<i>BNL, 2000–present</i>
Large Hadron Collider	<i><u>CERN</u>, 2009–present</i>
<u>Super Large Hadron Collider</u>	<i>Proposed, <u>CERN</u>, 2019–</i>
<u>Very Large Hadron Collider</u>	<i>Theoretical</i>

Синхрофазотрон



Володимир Йосипович Векслер, 1944р.

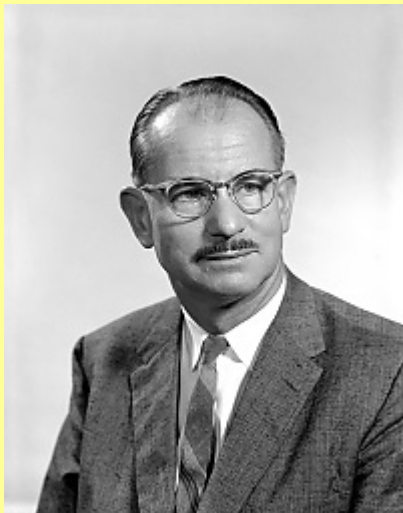


20 МэВ



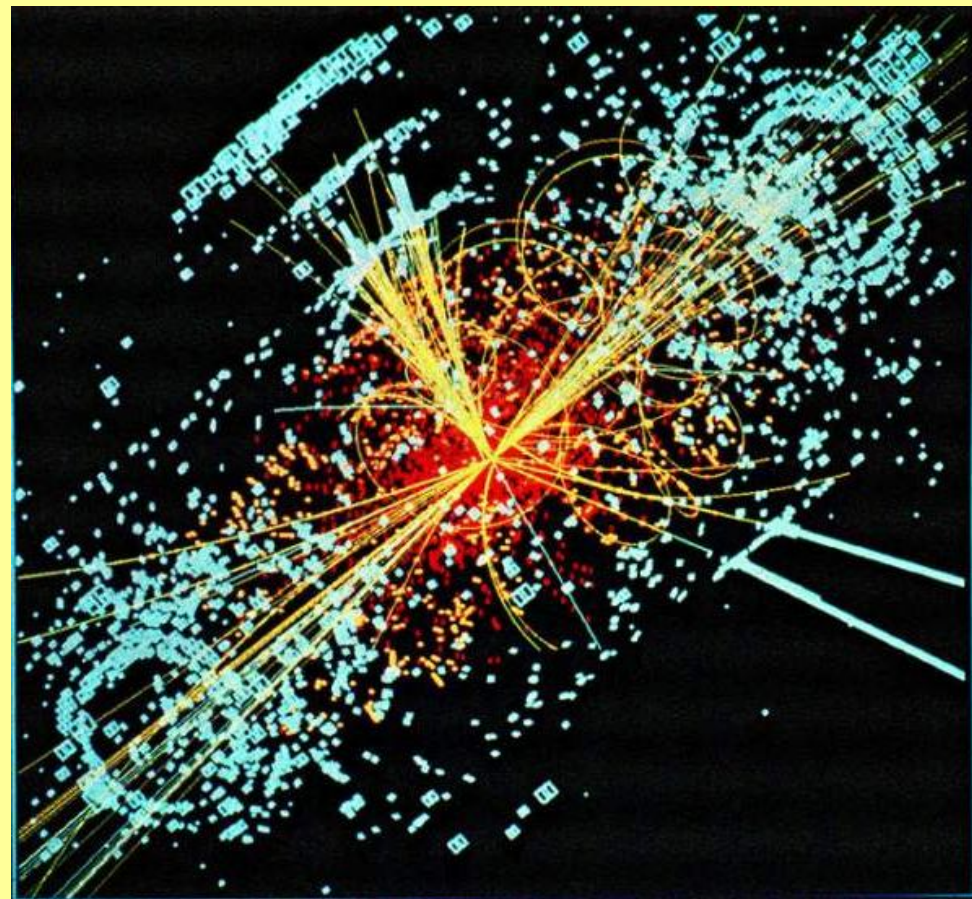
Об'єднаний інститут ядерних досліджень,
м. Дубна, Росія

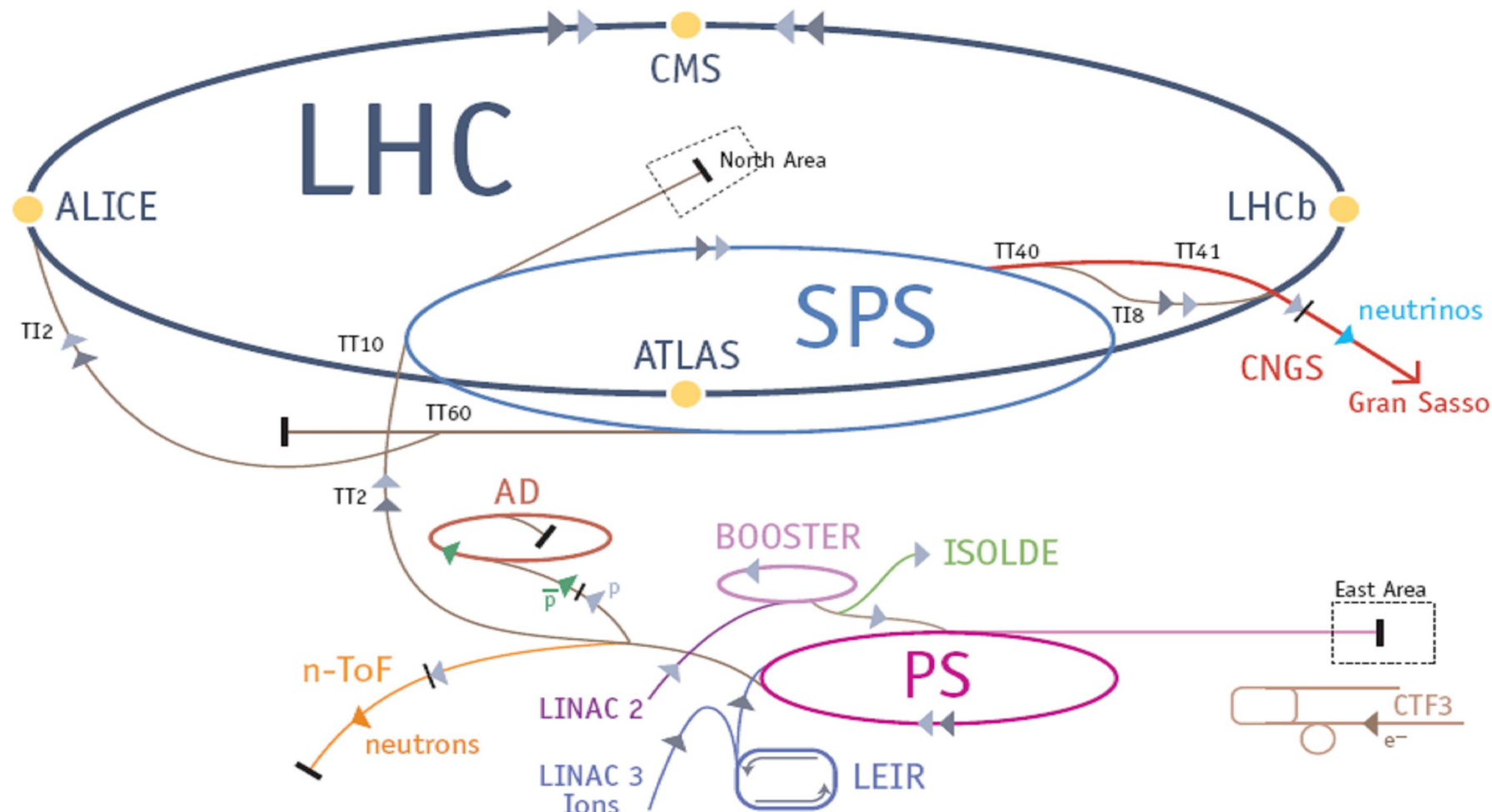
Едвін Макміллан (Edwin Mattison McMillan), 1945р.



Large Hadron Collider (LHC)

**Зіткнення зустрічних пучків
протонів зі швидкостями
99.999999% шв. світла**



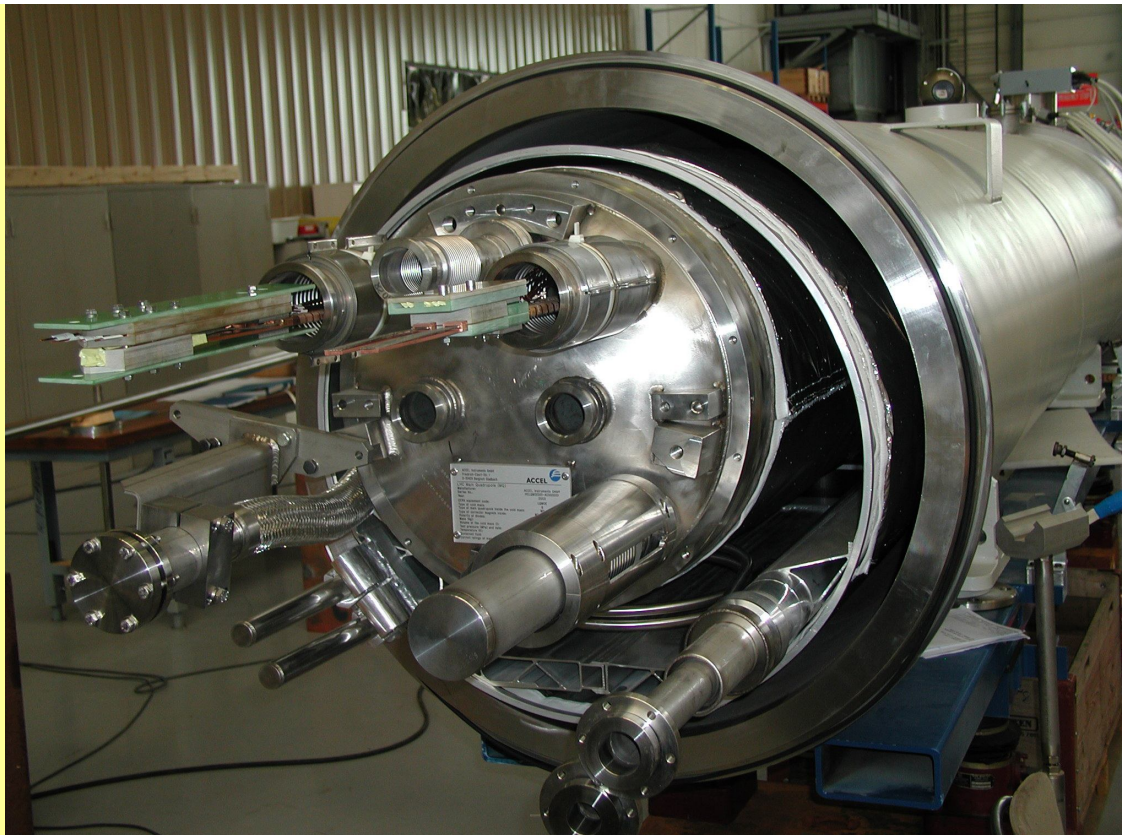


Кінетична енергія протона

Швидкість (% шв. світла)

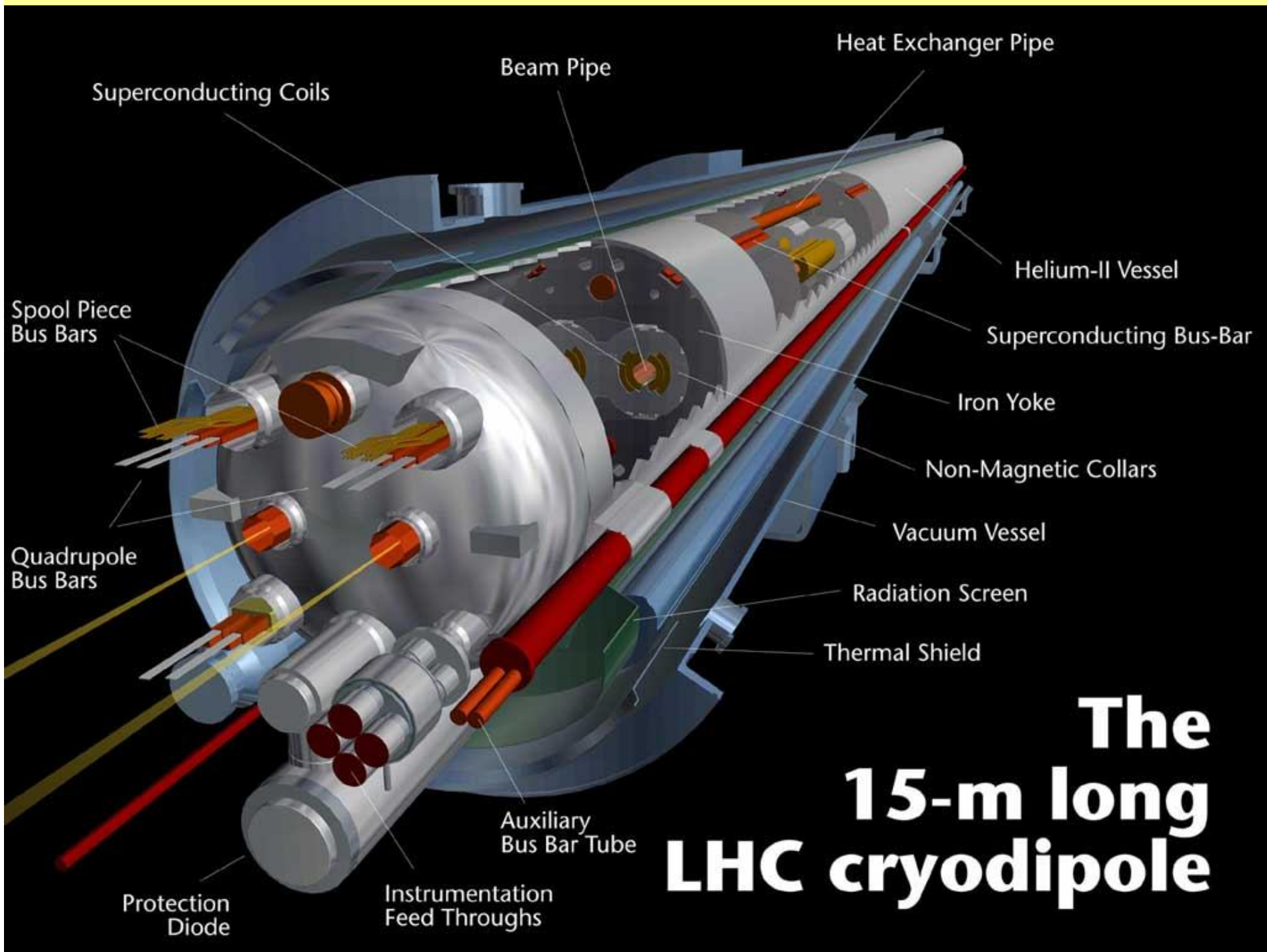
Прискорювач

50 MeV	31.4	Linac 2
1.4 GeV	91.6	PS Booster
25 GeV	99.93	PS
450 GeV	99.9998	SPS
7 TeV	99.99999991	LHC

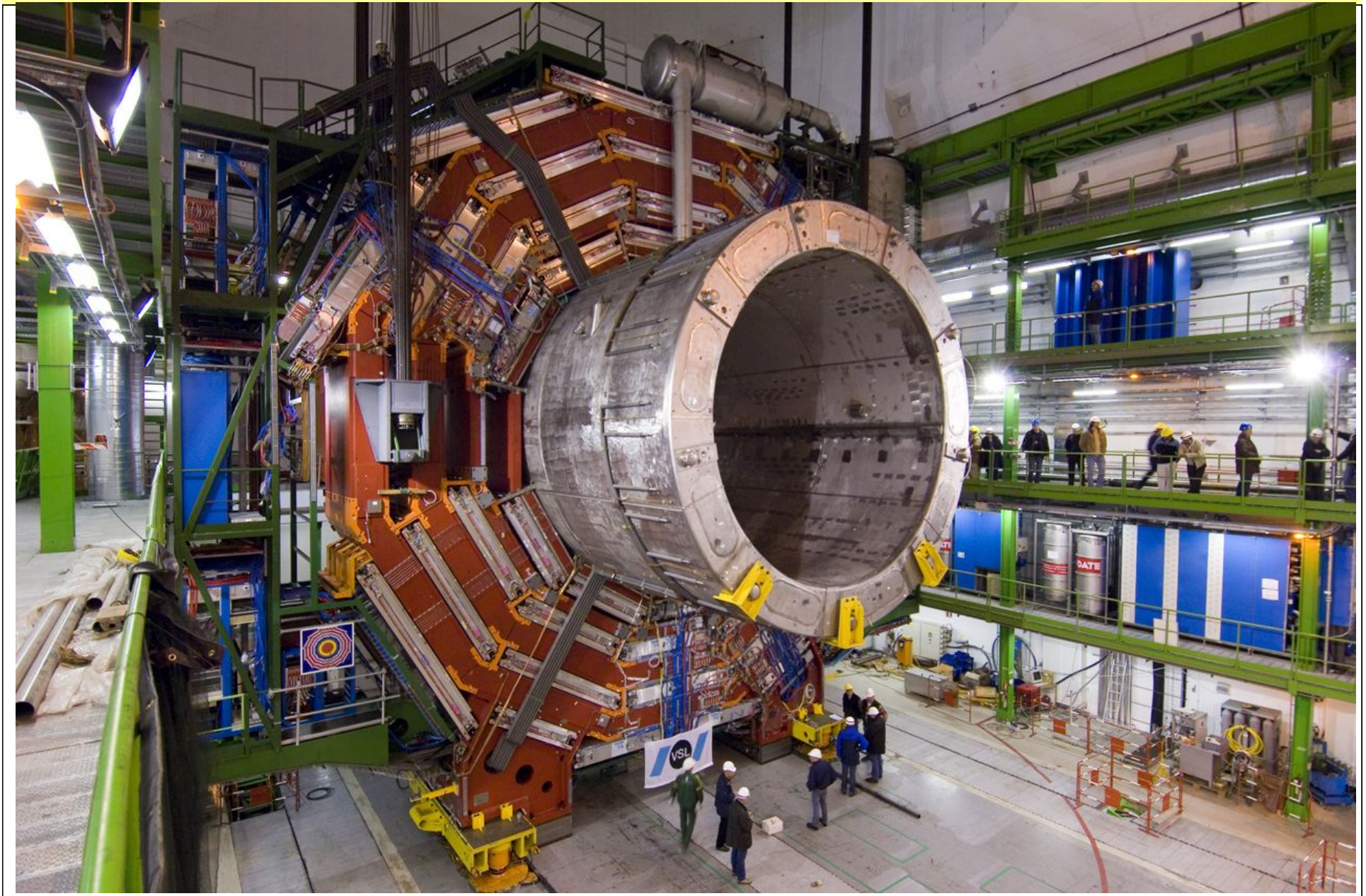


Ширина тунеля – 3,8 м



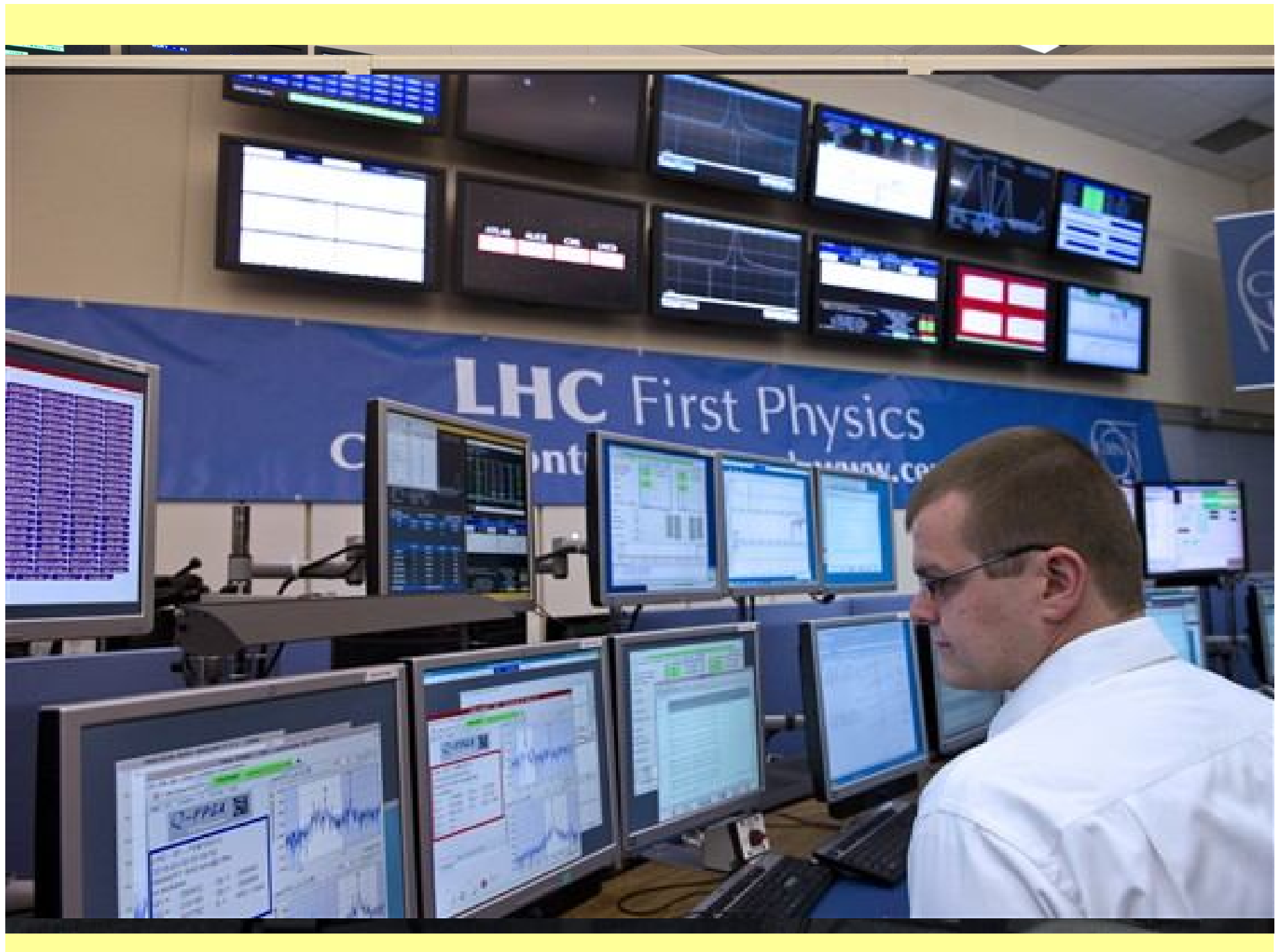


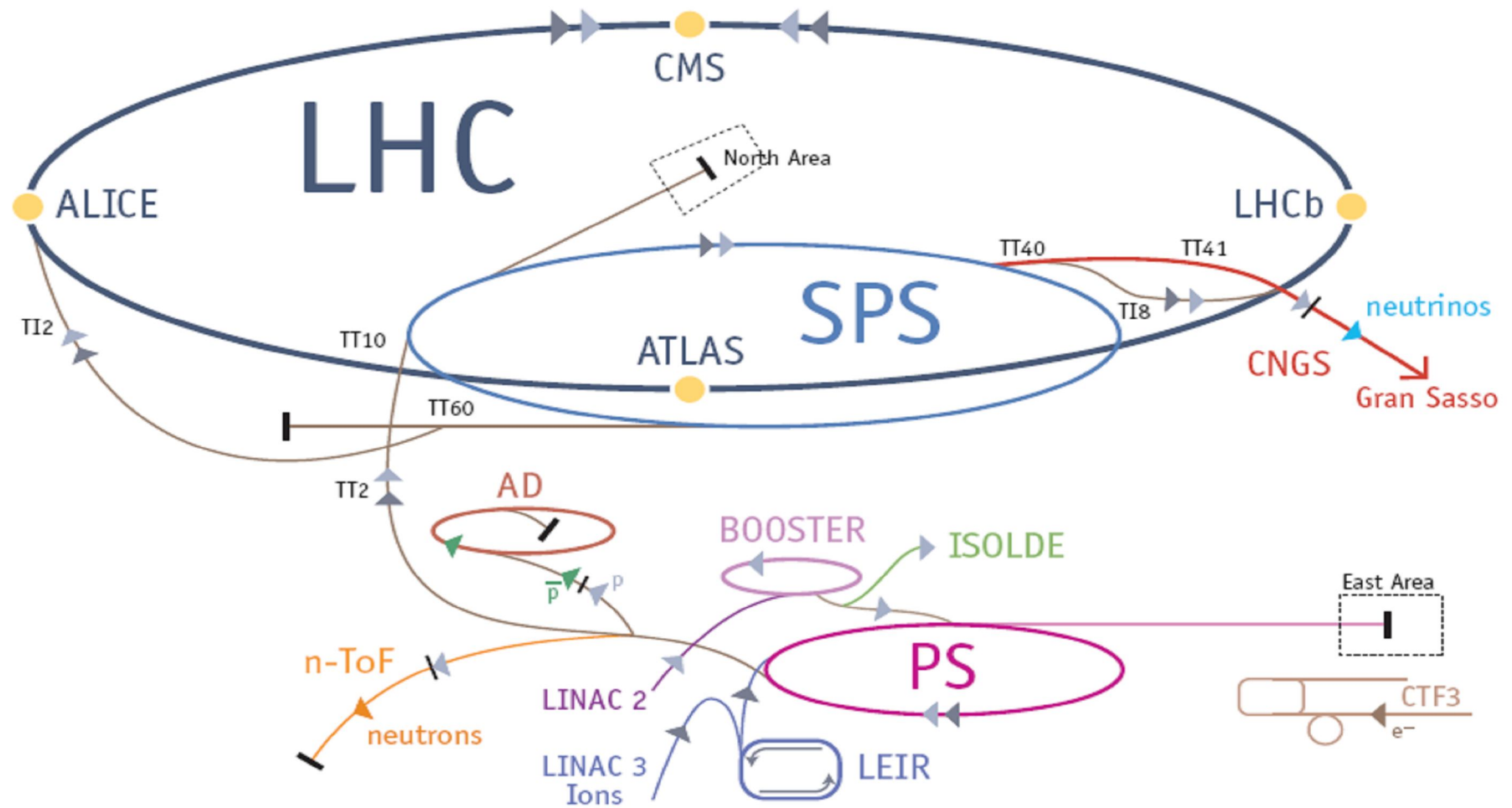




CERN Control Centre

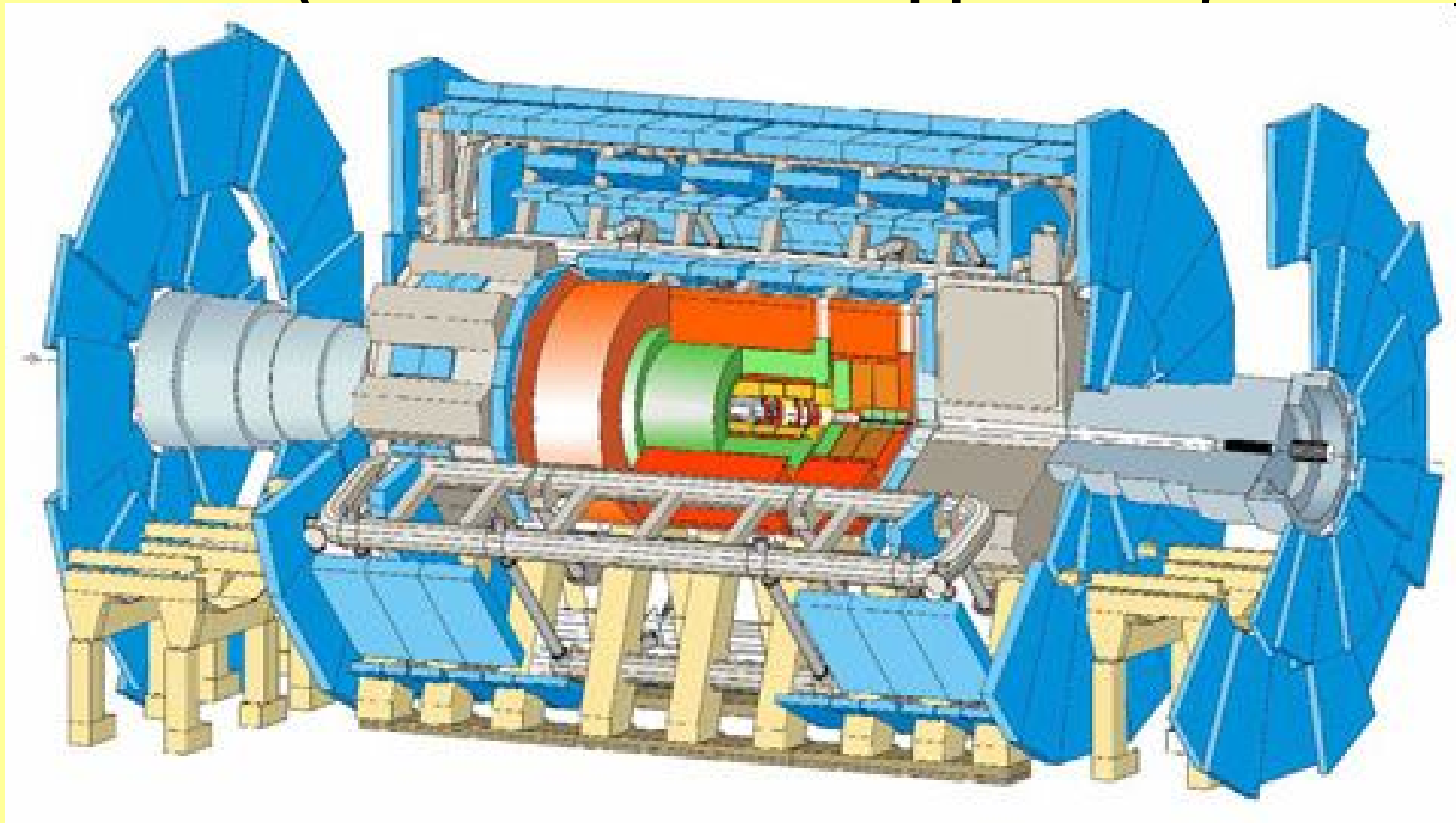






ATLAS	A Toroidal LHC Apparatus
CMS	Compact Muon Solenoid
LHCb	LHC-beauty
ALICE	A Large Ion Collider Experiment
TOTEM	Total Cross Section, Elastic Scattering and Diffraction Dissociation
LHCf	LHC-forward

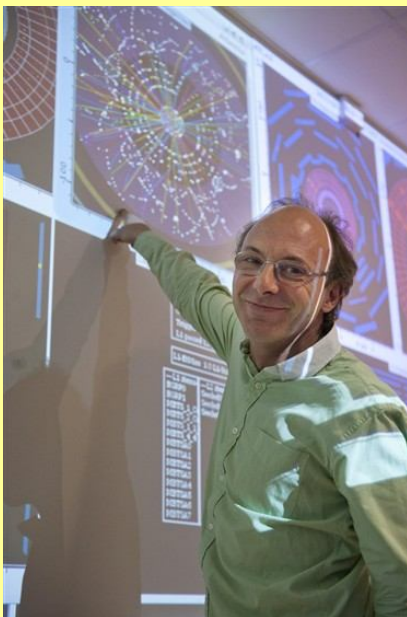
ATLAS(A Toroidal LHC ApparatuS)



46 м довжини, 25 м висоти, 25 м ширини.
Маса 7000 тон, струм 10000 Ампер

ATLAS є найбільшим детектором, створеним людством.

ATLAS Control room



**Енергія зіткнень 7 TeV ($3.5 + 3.5$)
Всього зіткнень (на 7 TeV) 66 мільйонів**

Більше 2900 науковців із 172 університетів
з 37 країн

Collision Event at 7 TeV



2010-03-30, 12:58 CEST
Run 152166, Event 316199

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>





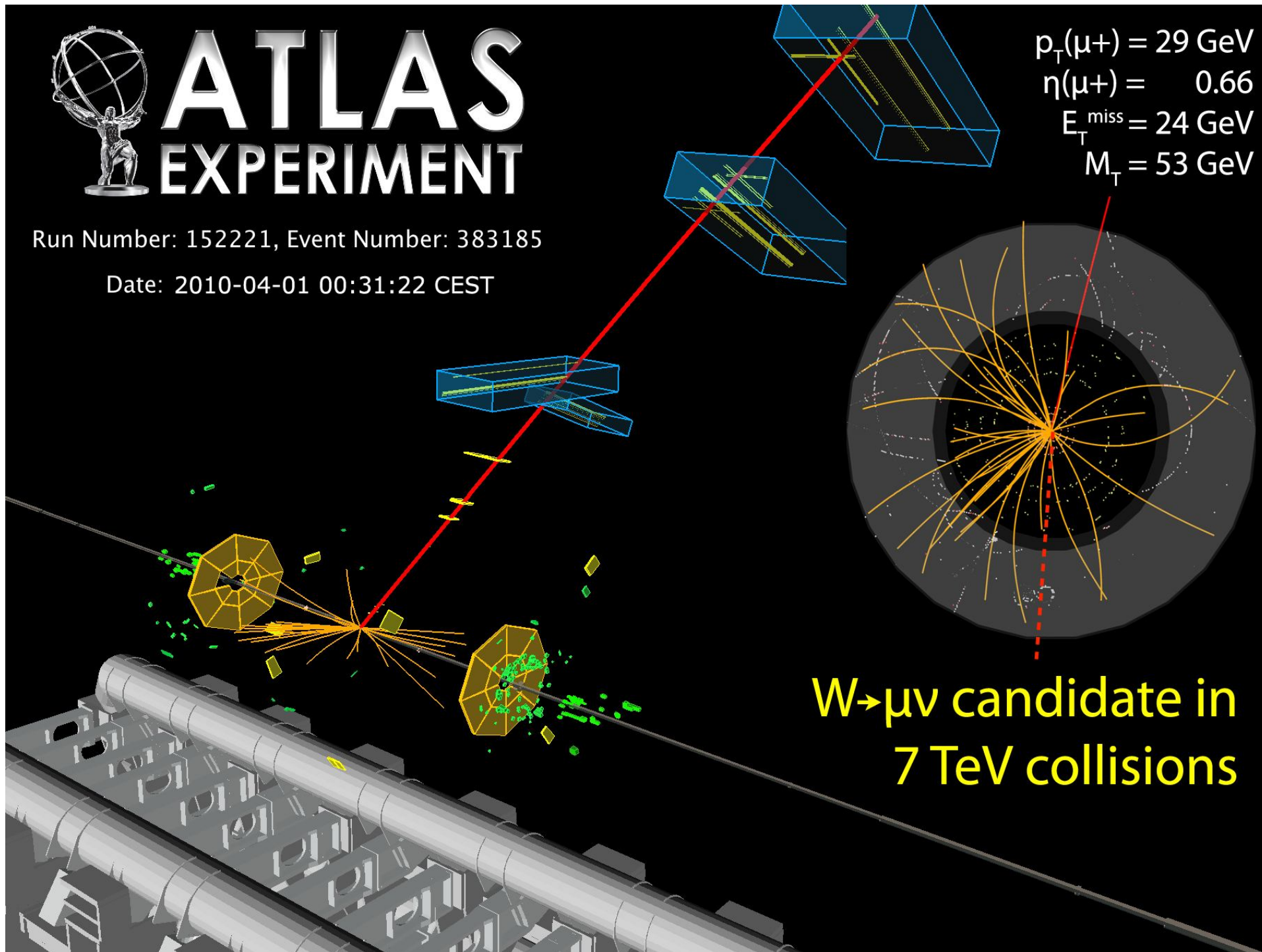
ATLAS EXPERIMENT

Run Number: 152221, Event Number: 383185

Date: 2010-04-01 00:31:22 CEST

$p_T(\mu^+) = 29 \text{ GeV}$
 $\eta(\mu^+) = 0.66$
 $E_T^{\text{miss}} = 24 \text{ GeV}$
 $M_T = 53 \text{ GeV}$

$W \rightarrow \mu\nu$ candidate in
7 TeV collisions

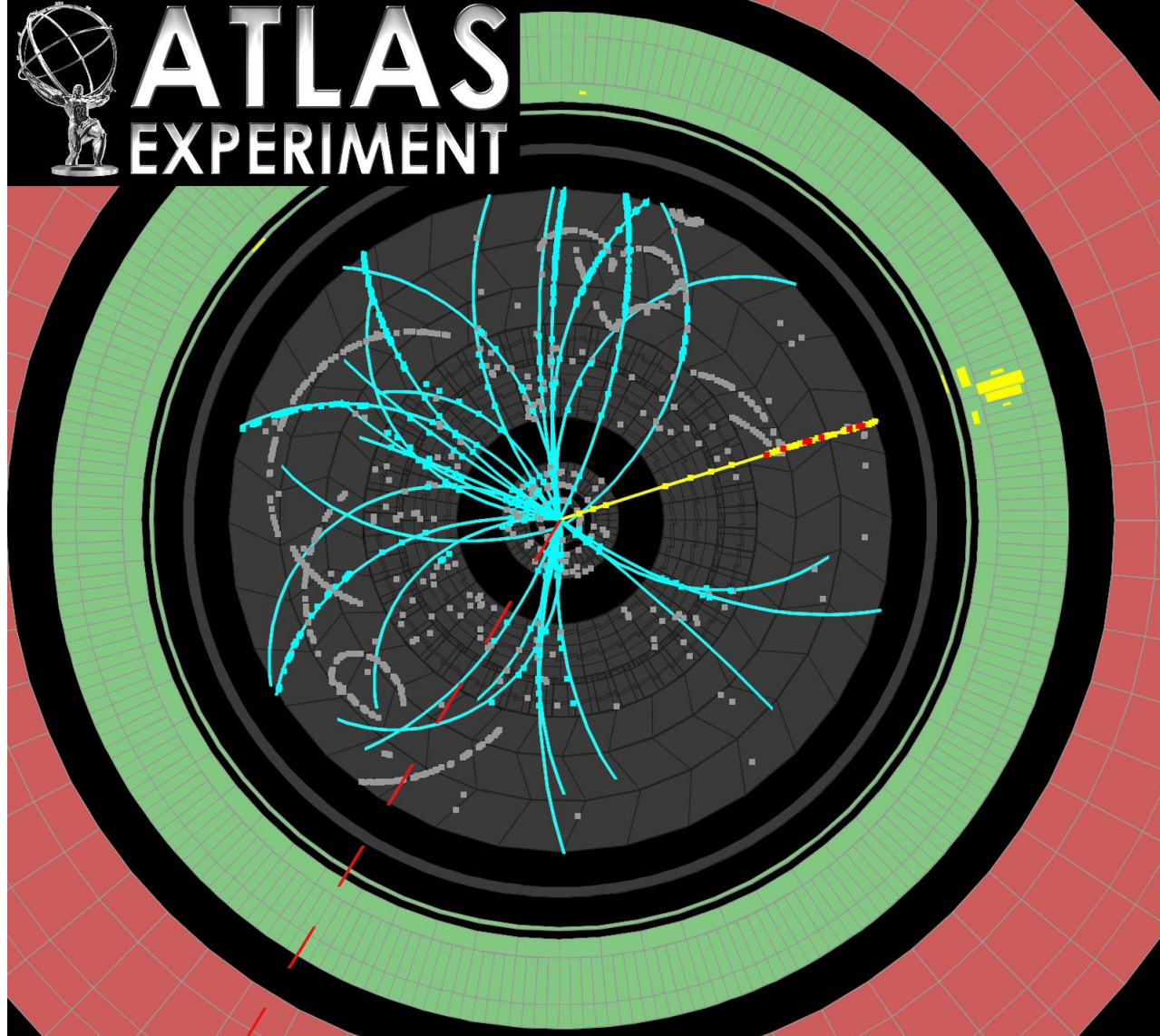
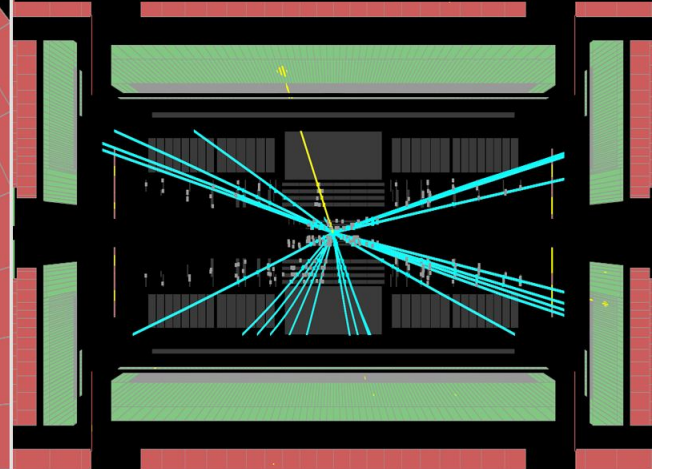




ATLAS EXPERIMENT

Run Number: 152409, Event Number: 5966801

Date: 2010-04-05 06:54:50 CEST



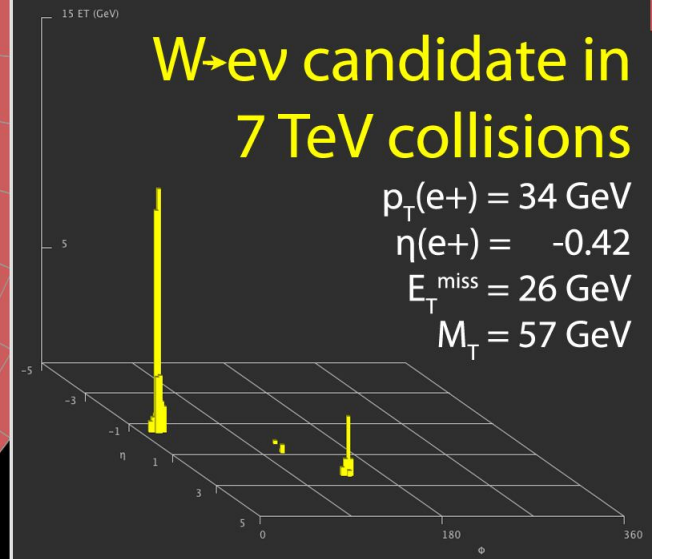
W \rightarrow ev candidate in 7 TeV collisions

$$p_T(e^+) = 34 \text{ GeV}$$

$$\eta(e^+) = -0.42$$

$$E_T^{\text{miss}} = 26 \text{ GeV}$$

$$M_T = 57 \text{ GeV}$$



CMS –compact muon solenoid



Більше 2000 науковців співпрацюють в проєкті CMS (155 установ з 37 країн)

TRIGGER, DATA ACQUISITION & OFFLINE COMPUTING

Austria, Brazil, CERN, Finland, France, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Korea, Poland, Portugal, Switzerland, UK, USA

TRACKER

Austria, Belgium, CERN, Finland, France, Germany, Italy, Japan*, Mexico, New Zealand, Switzerland, UK, USA

CRYSTAL ECAL

Belarus, CERN, China, Croatia, Cyprus, France, Italy, Japan*, Portugal, Russia, Serbia, Switzerland, UK, USA

PRESHOWER

Armenia, CERN, Greece, India, Russia, Taiwan

RETURN YOKE

Barrel: Czech Rep., Estonia, Germany, Greece, Russia
Endcap: Japan*, USA

SUPERCONDUCTING MAGNET

All countries in CMS contribute to Magnet financing in particular: Finland, France, Italy, Japan*, Korea, Switzerland, USA

FEET

Pakistan
China

FORWARD CALORIMETER

Hungary, Iran, Russia, Turkey, USA

HCAL

Barrel: Bulgaria, India, Spain*, USA
Endcap: Belarus, Bulgaria, Georgia, Russia, Ukraine, Uzbekistan
HO: India

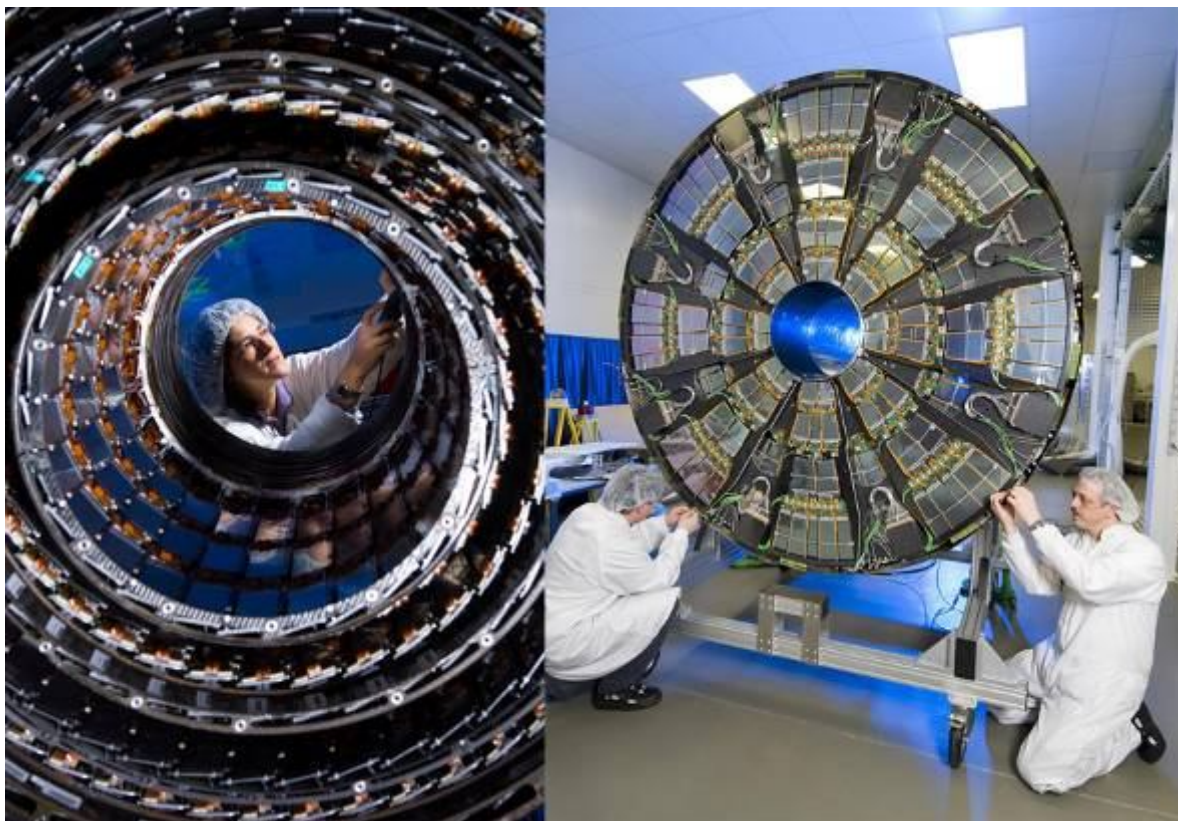
MUON CHAMBERS

Barrel: Austria, Bulgaria, CERN, China, Germany, Hungary, Italy, Spain,
Endcap: Belarus, Bulgaria, China, Colombia, Korea, Pakistan, Russia, USA

Total weight : 12500 T
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 21.5 m
Magnetic field : 4 Tesla

* Only through industrial contracts

Silicon Tracker



Finely segmented silicon sensors (strips and pixels) enable charged particles to be tracked and their momenta to be measured

Similar to a 70 Megapixel digital camera taking 40 million pictures per second!

Purpose: measure trajectories & momenta of charged particles

Electromagnetic Calorimeter (ECAL)

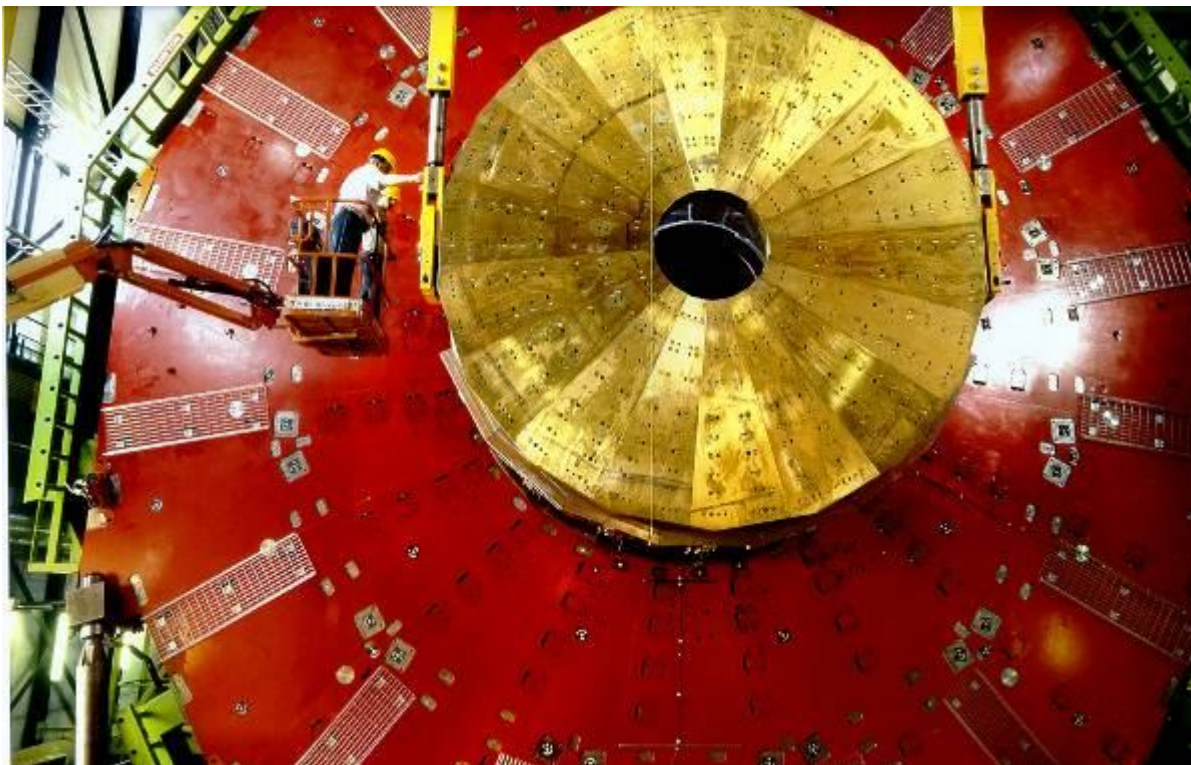


80000 crystals of PbWO_4 (lead tungstate) produce light from incident particles. The amount of light depends on the energy of the incoming particle

~80% metal – transparent!

Purpose: measure energy of electrons, positrons and photons

Hadron Calorimeter (HCAL)

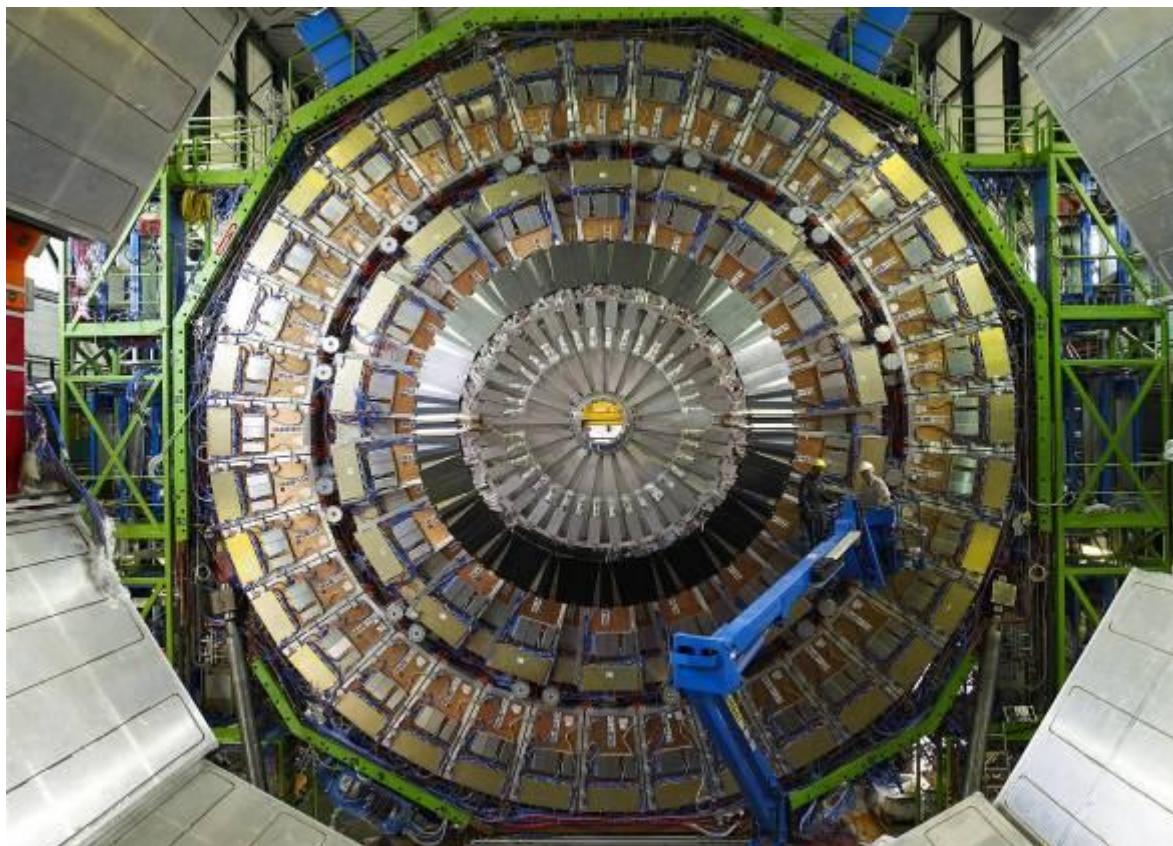


Layers of dense material (brass or steel) interleaved with plastic scintillators or quartz fibres.

Weapons to ploughshares:
Brass for endcap HCAL
recuperated from Russian
warships!

Purpose: measure energy of hadrons (e.g. protons, neutrons..)

Muon Detectors



CMS uses three types of muon detector: drift tubes, cathode strip chambers and resistive plate chambers.

Total area of detectors is about the same as a football pitch – 6000m^2

Purpose: identify muons and measure their momenta

Superconducting Solenoid

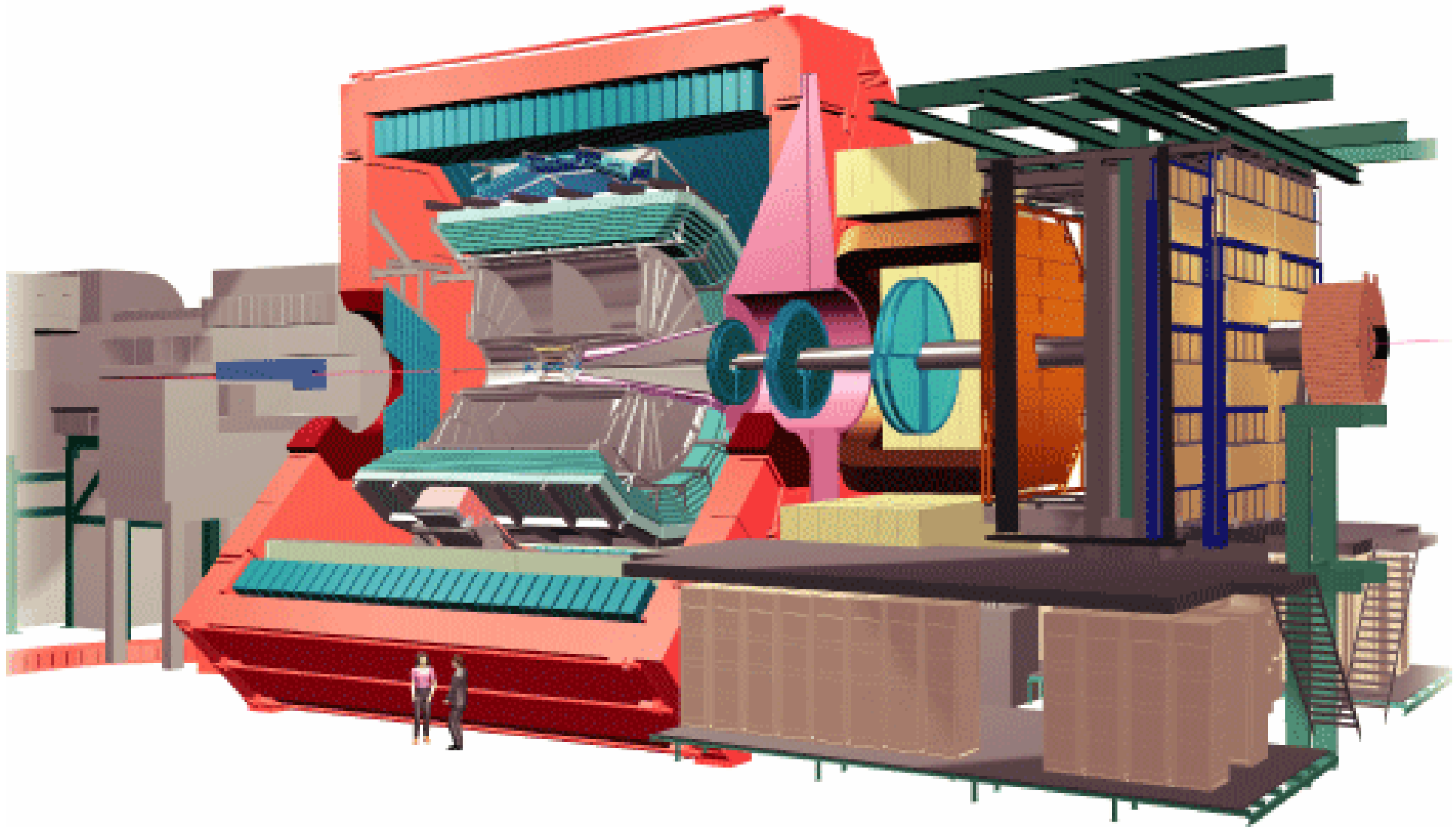


13m long, 6m inner diameter
largest superconducting
solenoid ever made.

Niobium-Titanium wires
cooled to -271°C carry 20000
Amps to provide a 4 teslas
magnetic field – about
100000 times stronger than
that of the earth

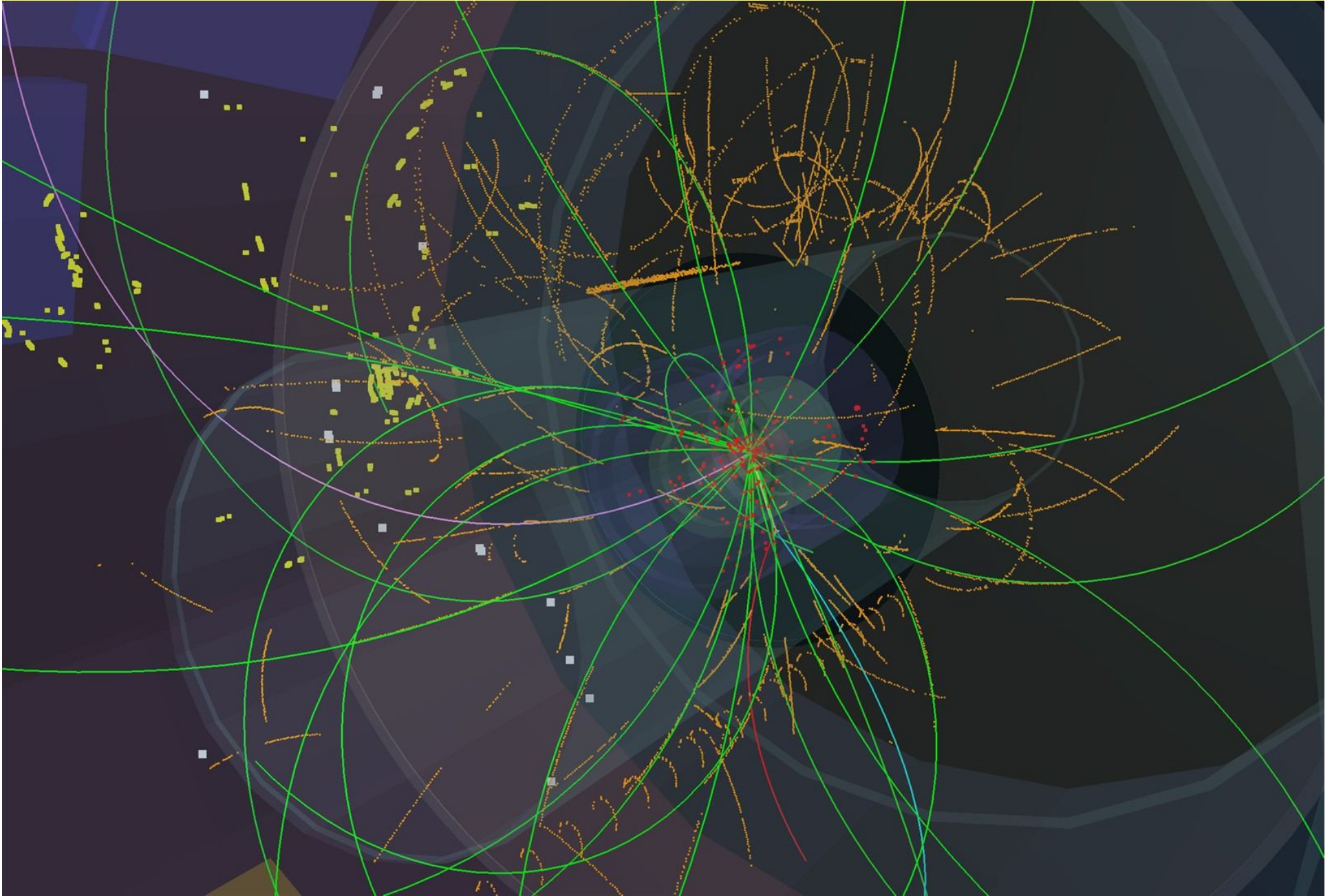
Purpose: Provide a magnetic field for bending charged particles

ALICE – A Large Ion Collider Experiment



1000 науковців, 94 установ, 28 країн

ALICE – A Large Ion Collider Experiment





Україна та ЦЕРН



- ❑ Угода про співпрацю (ICA-UA-0055) підписана у 1993 р.
- ❑ **Участь у експериментах LHC: ALICE, CMS та LHCb**
- ❑ **Участь у розбудові комп'ютерної обчислювальної мережі з 2006 р.**



Institute of Single Crystals of National Academy of Science, Kharkov, Ukraine
B. Grynyov

National Scientific Center, Kharkov Institute of Physics and Technology, Kharkov, Ukraine
L. Levchuk, S. Lukyanenko, D. Soroka, P. Sorokin



Україна та ЦЕРН



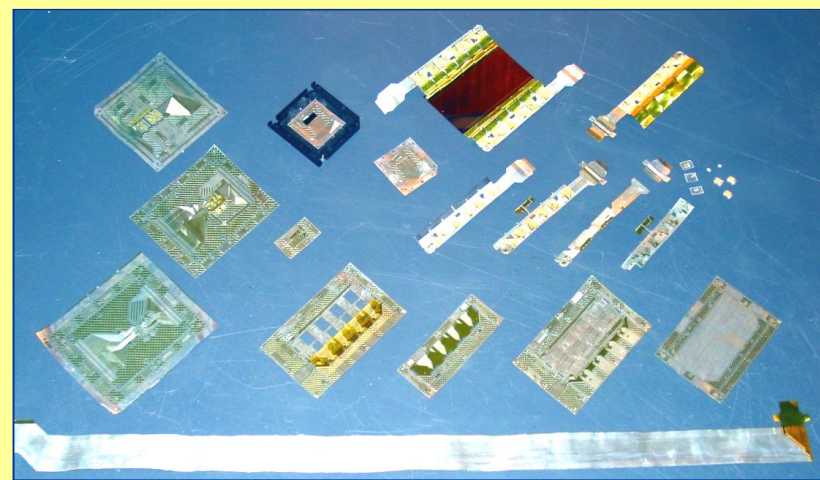
Участь у експерименті **ALICE**



- Кристали для детекторів
- Аналіз експериментальних даних
- Надання 200 комп'ютерів у обчислювальну мережу

3 інститути

- Харківський фізико-технічний інститут
- Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування, м. Харків
- Інститут теоретичної фізики ім. М.М.Боголюбова, м. Київ



Повна вартість проекту -- близько 10 мільярдів євро

Від задуму до реалізації - 20 років

- Тиск 10^{-13} атм
- 1296 надпровідних магнітів та більше 2500 інших магнітів
- Максимальне магнітне поле 8,36 Тесла
- 96 тон рідкого гелію необхідно, щоб підтримувати магніти при температурі 1.9 K (-271.25 °C)
- Споживає близько 700 ГВт·год електроенергії на рік
- Повна енергія протонних пучків сягає 724 МДж
- 2808 груп протонів у пучку; $1,15 \cdot 10^{11}$ протонів у групі
- максимальна світність (густина потоку) = $12 \cdot 10^{27} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- щосекунди 600 мільйонів зіткнень між протонами
- 500 Mb/s інформації, 15 петабайт на рік

- **7 березня 2005 р. в шахти опустили перші магніти**
- **10 вересня 2008 р. в колайдері почали циркулювати перші пучки протонів**
- **19 вересня 2008 р. у 100 магнітах трапилося коротке замикання, внаслідок цього витекло 6 тон рідкого гелію, температура піднялася на 100 К**
- **21 жовтня 2008 р. ЛНС було урочисто відкрито**
- **30 березня 2010 р. був встановлений рекорд – зіткнулися два пучки протонів на енергії 7 TeV**
- **4 липня 2012 р. було оголошено, що в експериментах ATLAS та CMS на Великому адронному колайдері було відкрито нову частинку з енергією 126 GeV.**

4 липня 2012 року, прес-реліз ЦЕРН

CERN press office

[Media visits](#)

[Press releases](#)

[For journalists](#)

[For CERN people](#)

[Contact us](#)

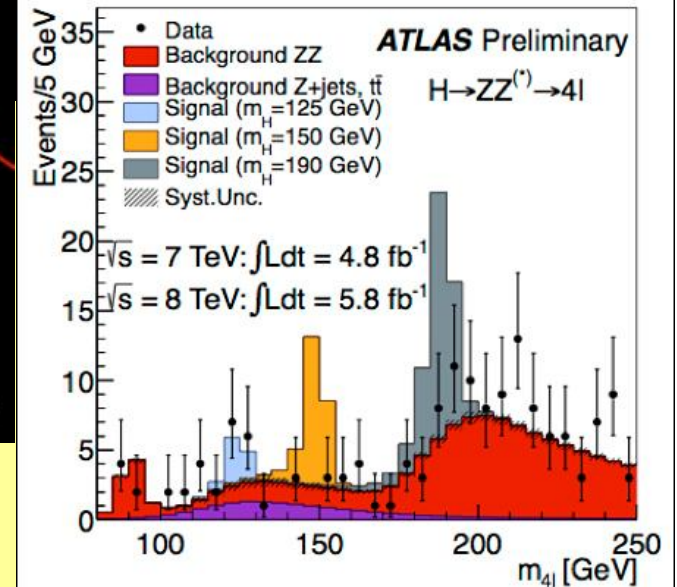
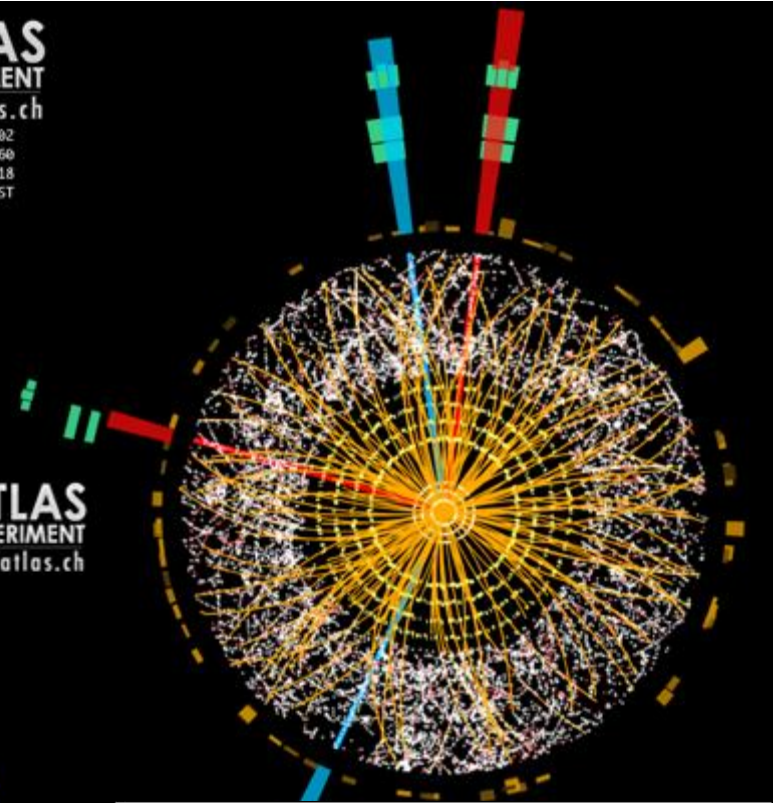
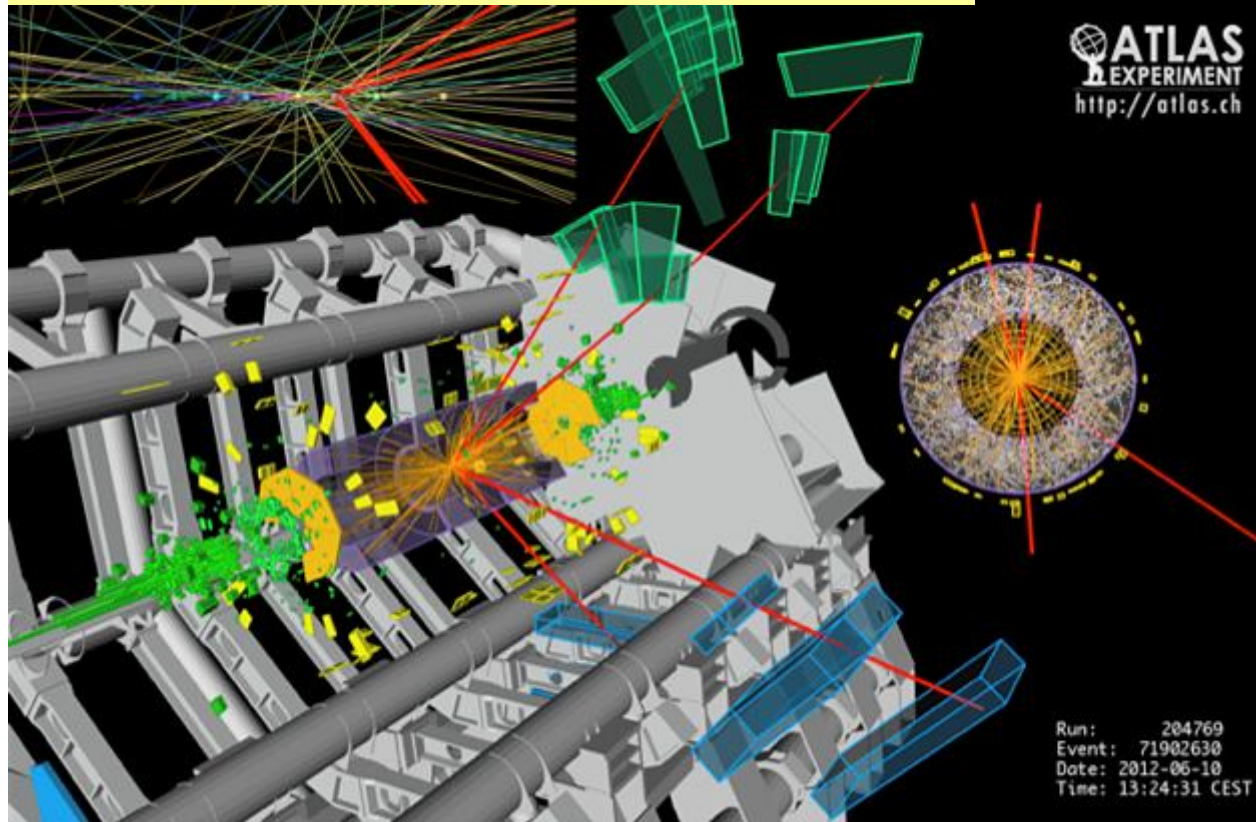
CERN experiments observe particle consistent with long-sought Higgs boson

04 Jul 2012

Geneva, 4 July 2012. At a seminar held at CERN¹ today as a curtain raiser to the year's major particle physics conference, ICHEP2012 in Melbourne, the ATLAS and CMS experiments presented their latest preliminary results in the search for the long sought Higgs particle. Both experiments observe a new particle in the mass region around 125-126 GeV.

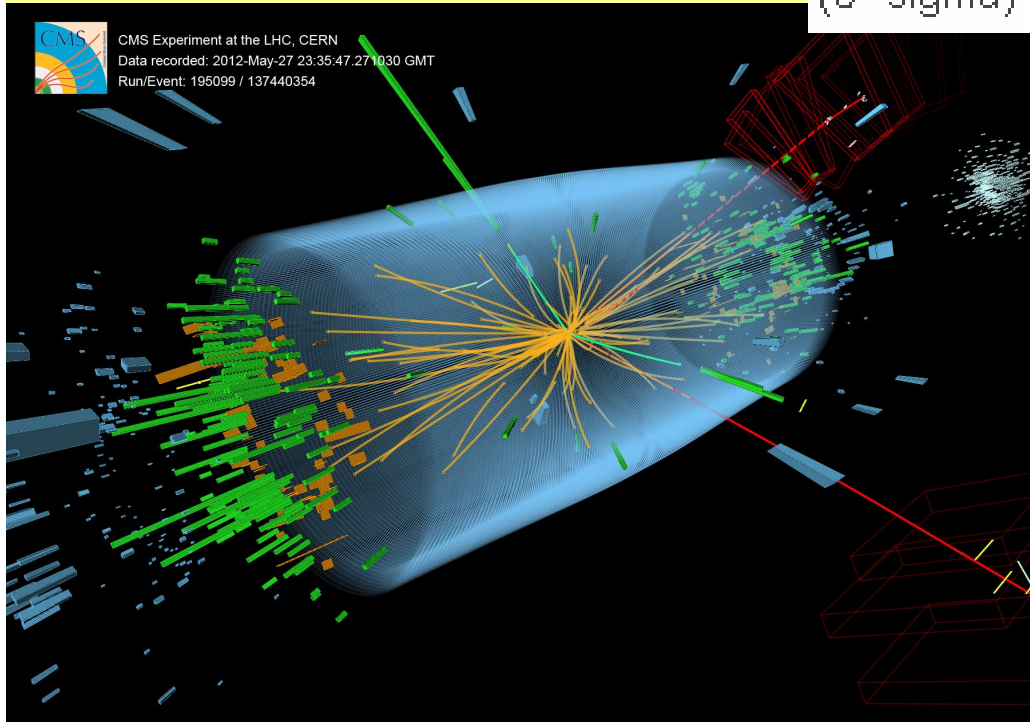


www.atlas.ch/news/2012/latest-results-from-higgs-search.html

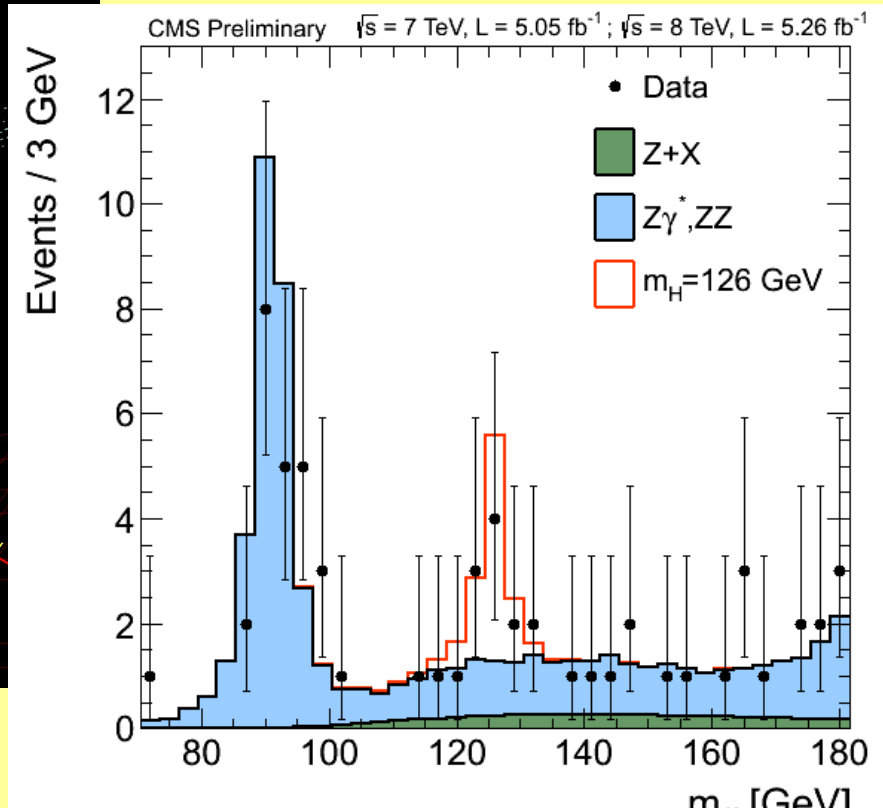


Observation of a New Particle with a Mass of 125 GeV

CMS observes an excess of events at a mass of approximately 125 GeV^[2] with a statistical significance of five standard deviations (5 sigma)^[3] above background expectations.



CMS Experiment at the LHC, CERN
Data recorded: 2012-May-27 23:35:47.271030 GMT
Run/Event: 195099 / 137440364





arXiv:1207.7214v1 [hep-ex] 31 Jul 2012

Observation of a New Particle in the Standard Model Higgs Boson

A search for the Standard Model Higgs boson at the LHC is presented. The data 4.8 fb⁻¹ collected at $\sqrt{s} = 7$ TeV in 20 channels $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$, $H \rightarrow \gamma\gamma$ and improved analyses of the $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$ production of a neutral boson with a mass near 125 GeV. This observation, which has a significance of 5.0 standard deviations, is a fluctuation probability of 1.7×10^{-9} , is a Higgs boson.

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

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

The CMS Collaboration*

Abstract

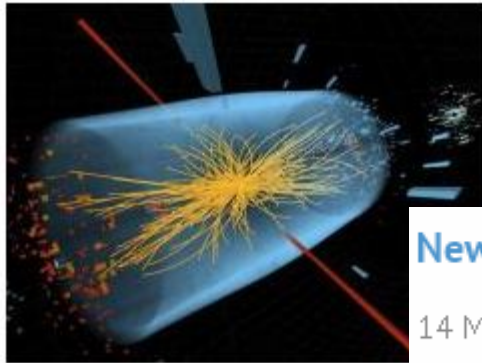
Results are presented from searches for the standard model Higgs boson in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ and 8 TeV in the CMS experiment at the LHC, using data samples corresponding to integrated luminosities of up to 5.1 fb⁻¹ at 7 TeV and 5.3 fb⁻¹ at 8 TeV. The search is performed in five 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 ± 0.4 (stat.) ± 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.

<http://home.web.cern.ch/tags/higgs-boson>

Higgs within reach



4 Jul 2012 | Update - For the public | Our understanding of the universe is about to change...

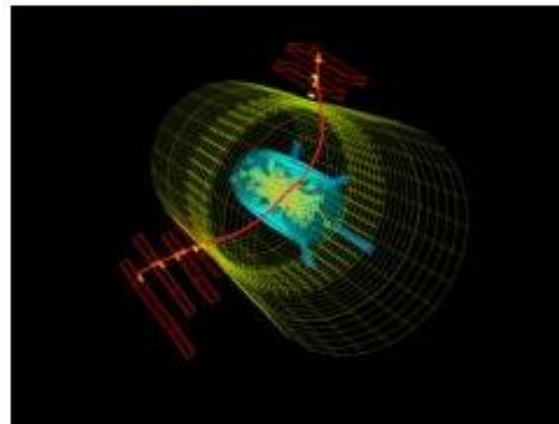
New results indicate that new particle is a Higgs boson

14 Mar 2013 | Update - For the public | With two and a half times more data analysed than in July last year, ATLAS and CMS find that the new particle looks more and more like a Higgs boson

21 Dec 2012 | Update - For O'Luanaigh | A Higgs-like particles and record per LHC: 2012 has been goo

Higgs boson

Find a Higgs boson in LHC public data



12 Apr 2013 | Update - For students & educators | Kelly Izlar | LHC experiments release a scattering of Higgs-candidate data to the public

Що далі?

Від 2013 до 2015. на LHC будуть вестися технічні роботи і екскурсії

Теоретики будуть опрацьовувати дані, експериментатори придумувати нові експерименти



The image shows the top portion of a BBC News article. At the top left is the BBC logo. To its right are navigation links for News, Sport, Weather, Travel, and Future. Below this is a dark red banner with the text 'NEWS SCIENCE & ENVIRONMENT' in white. Underneath the banner is a secondary navigation bar with links for Home, UK, Africa, Asia, Europe, Latin America, Mid-East, US & Canada, Business, and Health. The article's date and time are listed as '22 April 2013 Last updated at 17:00 GMT'. To the right of this is a share button showing '1.4K' shares and a Facebook icon. The main headline of the article is 'Higgs boson: Call to rename particle to acknowledge other scientists'.

Scientists in Catfight to Rename Higgs

NAME MAKES PETER HIGGS A 'ROCK STAR,' FELLOW THEORIST COMPLAINS



By Rob Quinn, Newser Staff

Posted Apr 23, 2013 2:10 AM CDT | Updated Apr 23, 2013 6:21 AM CDT



[LHC dashboard](#)



[LHC Operation](#)



[LHC NEWS](#)



[Design report](#)

[LHC Safety](#)

[Lattice and](#)

LHC Page1

Fill: 3575

E: 0 GeV

24-04-13

SHUTDOWN: NO BEAM

Latest press release

CERN to host its first TEDx

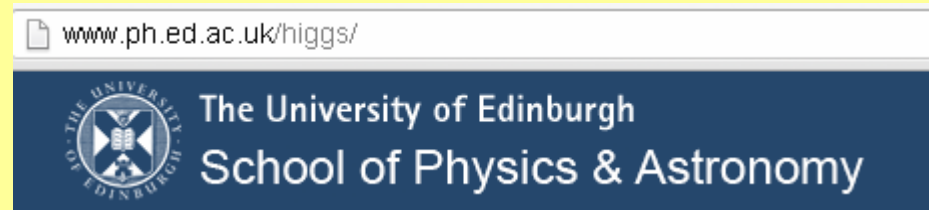
Geneva, 16 April 2013. The inaugural TEDxCERN event will take place on 3 May 2013, under the theme 'Multiplying Dimensions', at the Globe of Science and Innovation with a Live Webcast at the CERN¹ Main Auditorium and at <http://tedxcern.ch> homepage. Going beyond particle physics, the event, organized with the generous support of Rolex, will provide a stage for the expression of science in multiple disciplines, unveiling bold, new insights into emerging research and innovations that may fundamentally shape the course of things to come.

Використані джерела

cds.cern.ch

CERN Document Server

Access articles, reports and multimedia content in HEP



www.atlas.ch

www.europhysicsnews.org

europhysicsnews



exploratorium.edu

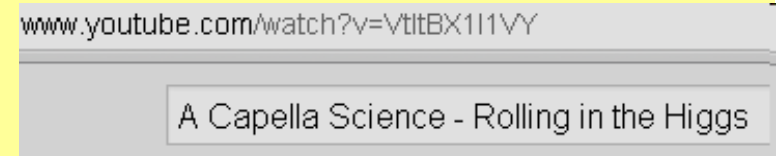
exploratorium®

physicsworld.com



IOP A website from the Institute of Physics

physicsworld.com



CERN Teacher Programme