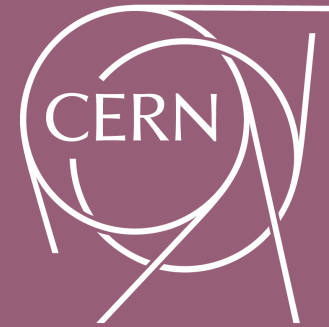




**Faculty
of Physics**

WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



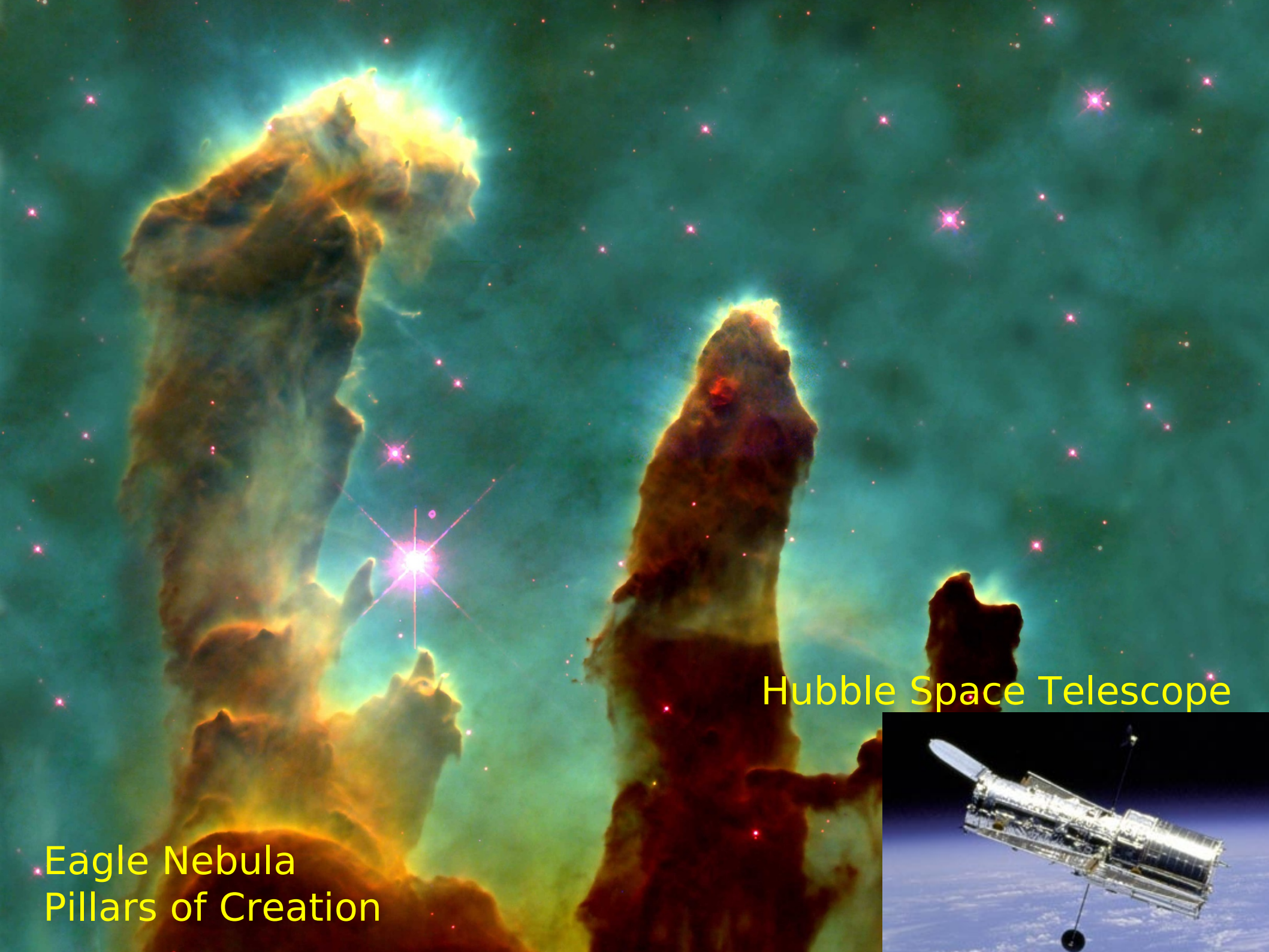
Journey to the beginning of the Universe

Łukasz Graczykowski, Ph.D.

April 28, 2020







Eagle Nebula
Pillars of Creation

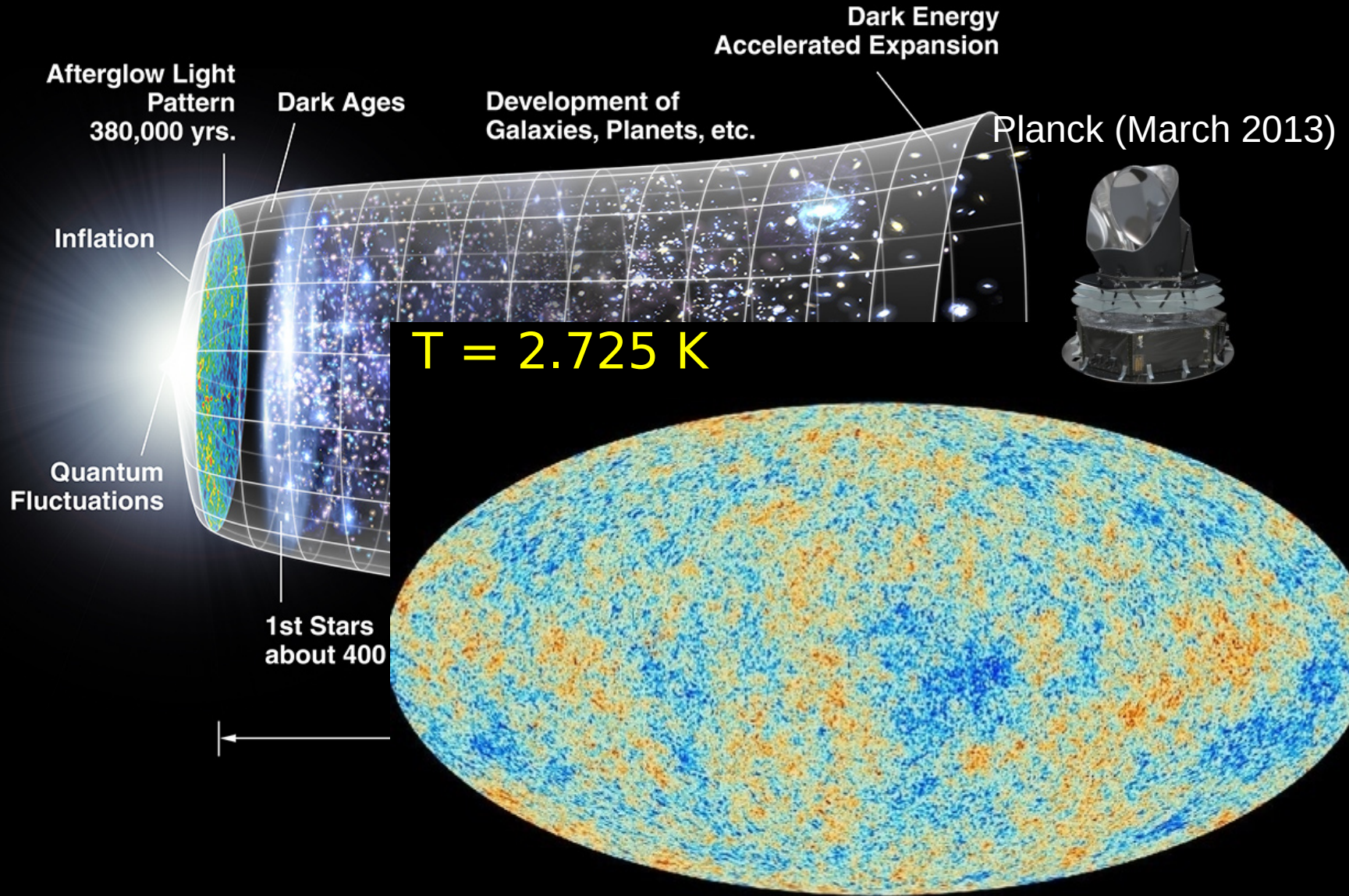
Hubble Space Telescope

How to reach the beginning?

Hubble Space Telescope
Deep Field Image



Knowledge boundary: microwave background

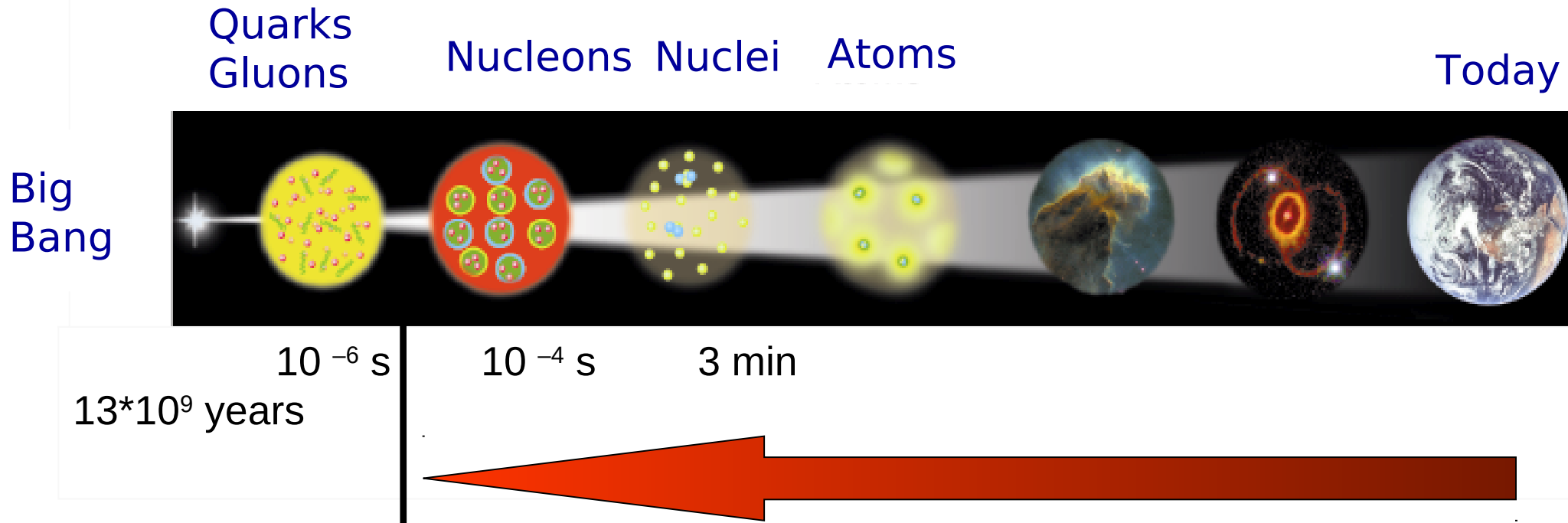


?

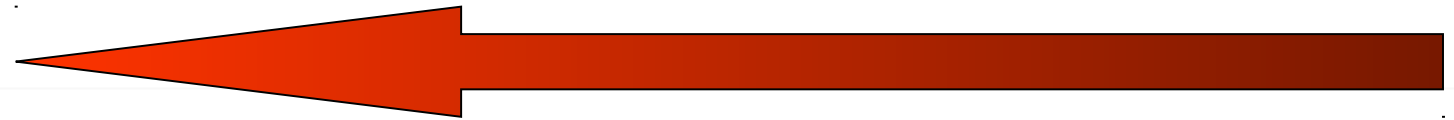
What was
before?
How to
check that?

WMAP / Planck - 380 000 years after the Big Bang

Universe



Structure of matter



- Problem: no free quark has been observed, we cannot isolate it
- Question: Do we really need to isolate single quarks? Perhaps we can *free them all!* Is that possible?

Example: how to study fish behaviour?

Like
that?

No!



How to study fish behaviour?

It is better to dive yourself !!!

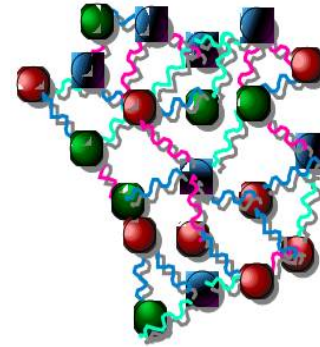
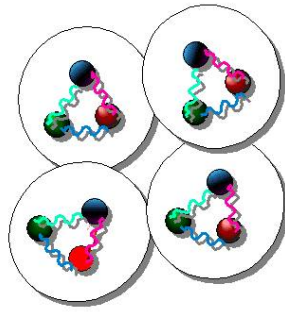
What do we
see?

A collective
motion

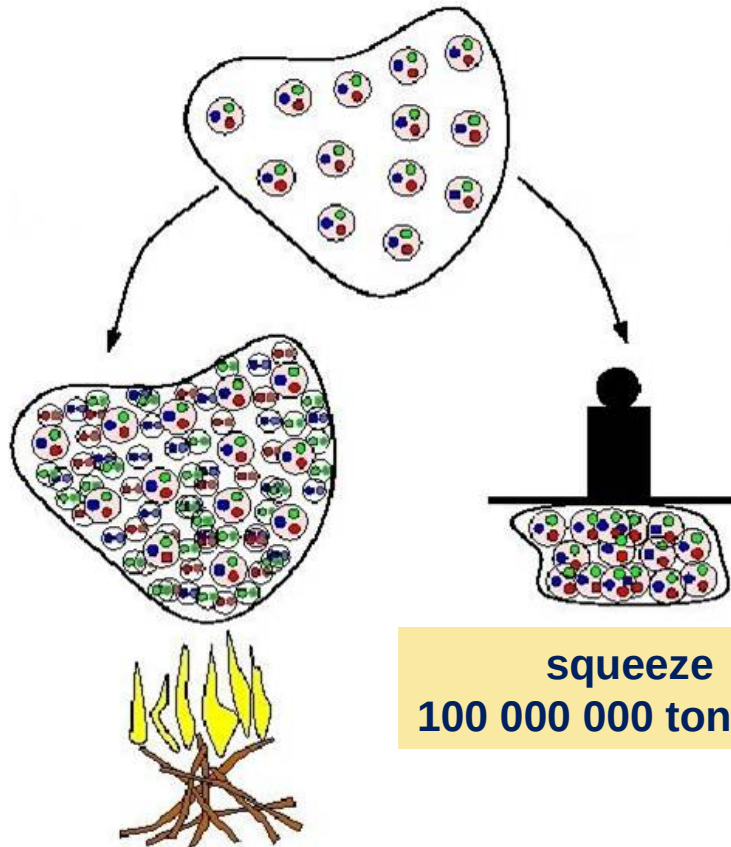


How to free the quarks?

Hadronic matter:
quarks
confined in
hadrons
(protons,
neutrons)



Quark matter:
quarks are free
and can move



squeeze
100 000 000 tons/cm³

warm up: 1 000 000 000 000 °C



Alps/Mont Blanc



Geneva



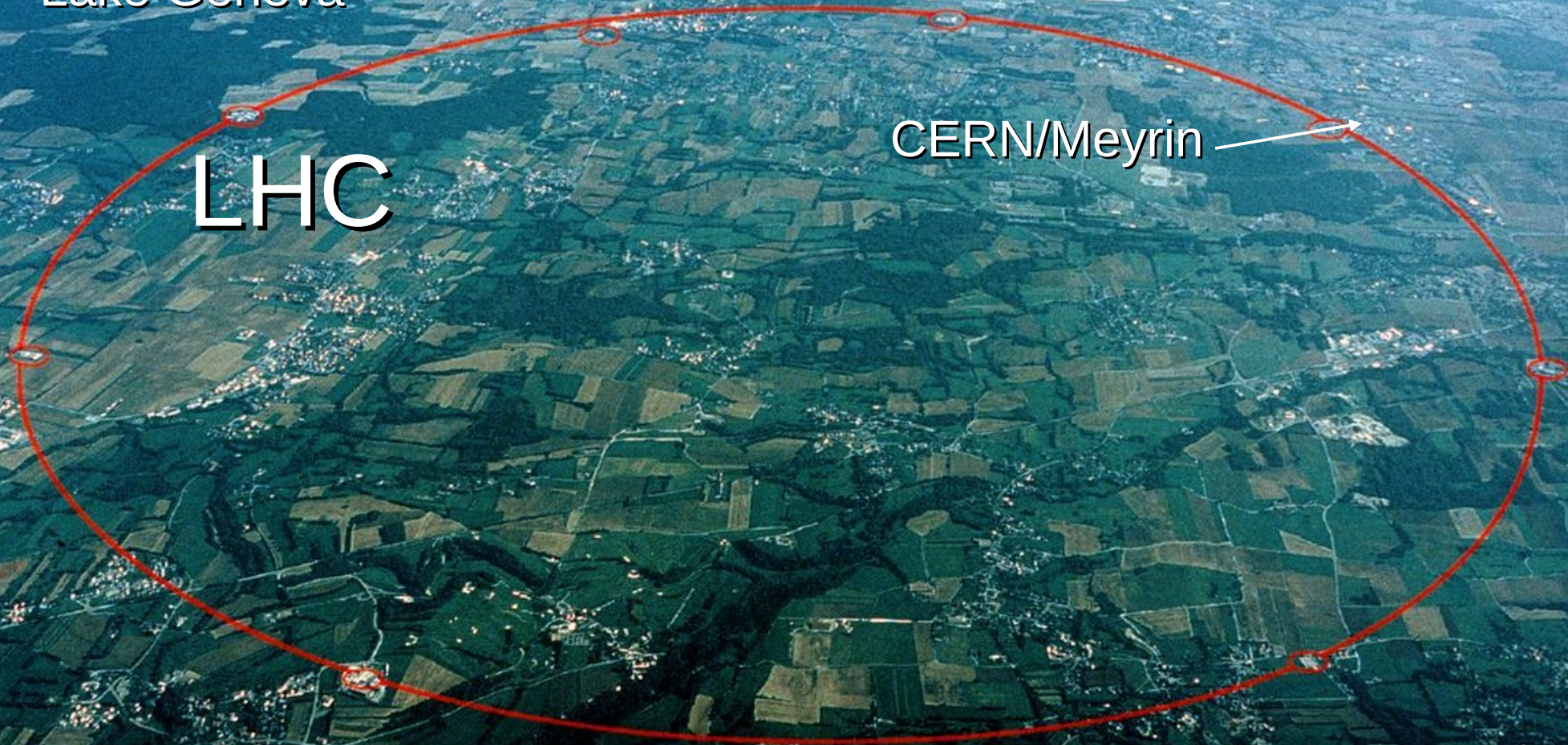
Lake Geneva



CERN/Meyrin



LHC



What is CERN?

CERN – European Organization for Nuclear Research
(fr.) *Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire*
originally (fr.) – **C**onseil **E**uropéen pour la **R**echerche **N**ucléaire

Word “nuclear” currently has a historical status:

- when CERN was being established the challenge was understanding of the inside of the atom – the atomic nucleus
- today we are going much deeper – elementary particles much higher energies

CERN was established in
1954 r. (12 countries)

Poland joined CERN
in 1991 r.
(Lech Wałęsa decision)

W imieniu Rzeczypospolitej Polskiej
PREZYDENT
Rzeczypospolitej Polskiej
podaje do powszechnej wiadomości:

W dniu 1 lipca 1953 roku została sporządzona w Paryżu a następnie poprawiona Konwencja o utworzeniu Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych oraz Protokół Finansowy stanowiący jej załącznik.

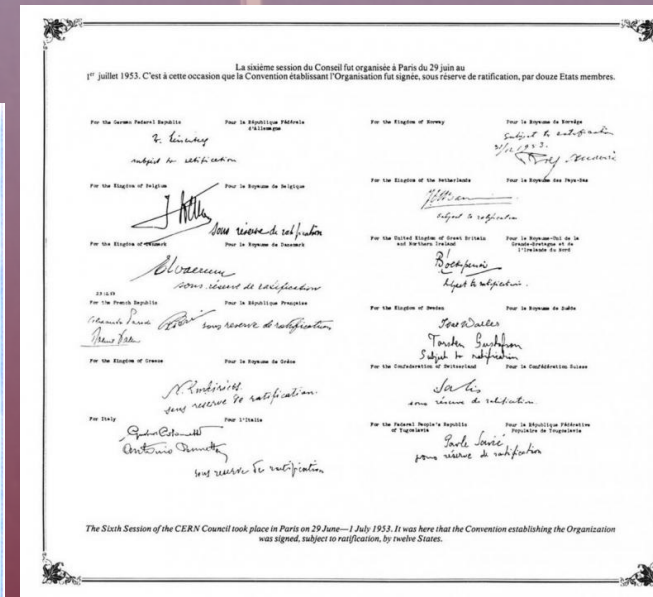
Po zaznajomieniu się z powyższą konwencją oraz Protokołem Finansowym, w imieniu Rzeczypospolitej Polskiej oświadczam, że:

- zostały one uznane za słuszne zarówno w całości jak i każde z postanowień w nich zawartych,
- Rzeczpospolita Polska postanowiła przystąpić do powyższej Konwencji i Protokołu Finansowego,
- Będą one niezmiennie zachowywane.

Na dowód czego wydany został Akt niniejszy opatrzony pieczęcią Rzeczypospolitej Polskiej.

Dano w Warszawie, dnia 13 maja 1991 roku

PREZYDENT
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ
Lech Wałęsa

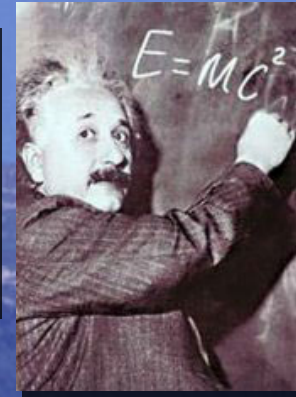


CERN's mission



Crossing the boundaries of science

i.e. the mysteries of the Big Bang – how was the Universe in the first moments of its existence?



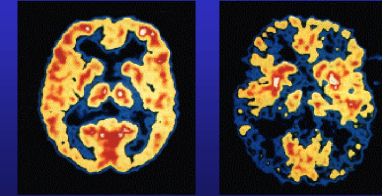
Development of accelerator and detector tools

information technologies – World Wide Web, GRID

medicine – diagnostics, treatment (i.e. PET)



Brain Metabolism in Alzheimer's Disease: PET Scan



Training new generations of scientists and engineers



Uniting people from different countries and cultures



CERN in numbers



~2300 scientific employees
~1400 other employees
~12500 “users”
Budget (2015): ~1000 MCHF

Member states (23):

Austria, Belgium, Bulgaria, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Israel, Italy, Netherlands, Norway, Poland, Romania, Serbia, Slovakia, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom

Associated member states:

Croatia, India, Lithuania, Pakistan, Turkey, Ukraine

States in the pre-stage to membership:

Cyprus, Slovenia

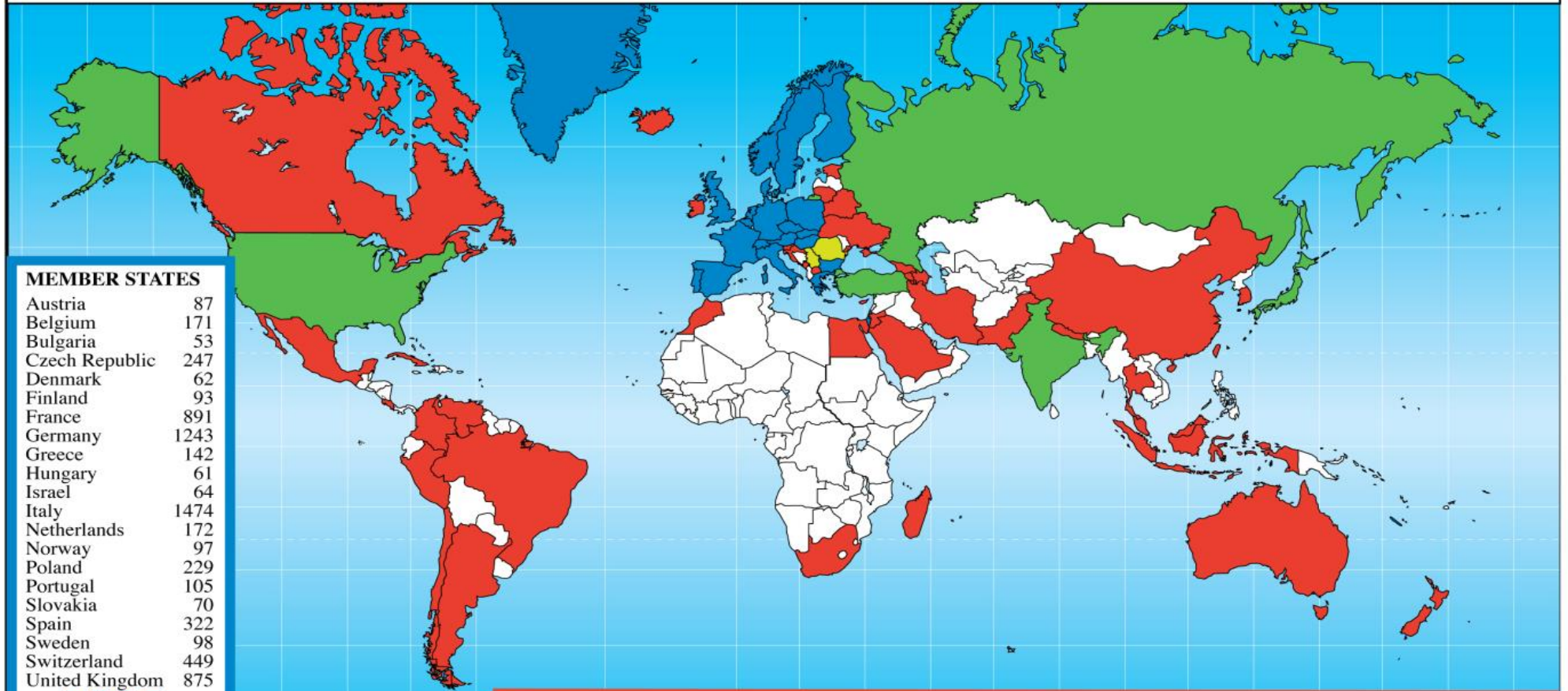
Observers:

Japan, Russia, USA, European Union, UNESCO, and Joint Institute for Nuclear Research (JINR, Dubna, Russia)



CERN – global science

Distribution of All CERN Users by Location of Institute on 13 January 2015



MEMBER STATES

Austria	87
Belgium	171
Bulgaria	53
Czech Republic	247
Denmark	62
Finland	93
France	891
Germany	1243
Greece	142
Hungary	61
Israel	64
Italy	1474
Netherlands	172
Norway	97
Poland	229
Portugal	105
Slovakia	70
Spain	322
Sweden	98
Switzerland	449
United Kingdom	875

7005

OBSERVERS

India	182
Japan	261
Russia	917
Turkey	127
USA	1731

3218

STATES IN ACCESSION TO MEMBERSHIP

Romania	97
Serbia	35

132

OTHERS

Argentina	22	China	150	Iceland	3	Montenegro	1	Taiwan	77
Armenia	17	Colombia	15	Indonesia	8	Morocco	8	Thailand	13
Australia	37	Costa Rica	1	Iran	29	Nepal	1	TFYROM	2
Azerbaijan	3	Croatia	22	Ireland	7	New Zealand	7	Ukraine	29
Belarus	26	Cuba	3	Jordan	2	Pakistan	26	Venezuela	1
Brazil	138	Cyprus	12	Korea	130	Peru	3		
Canada	165	Egypt	22	Lithuania	12	Saudi Arabia	1		
Chile	11	Estonia	17	Madagascar	3	Singapore	1		
		Georgia	14	Malaysia	8	Slovenia	21		
		Hong Kong	11	Mexico	56	South Africa	42		

1177

Poland at CERN

6 cities, 10 research institutions
~300 experimental physicists and engineers
~100 theoretical physicists

Warsaw:

National Center for Nuclear Research
University of Warsaw
Warsaw University of Technology

Cracow:

AGH University of Science and Techn.
Cracow University of Technology
Jagiellonian University
Institute of Nuclear Physics

Łódź:

University of Łódź

Katowice:

Silesian University

Wrocław:

University of Wrocław

Kielce:

Jan Kochanowski University





CERN and Nobel Prizes

1984 Carlo Rubbia and Simon van der Meer
for works which lead to the discovery of W and Z bosons

1992 George Charpak
for works and ideas of particle detectors detektorów, in particular the MWPC (multi-wire proportional chamber)

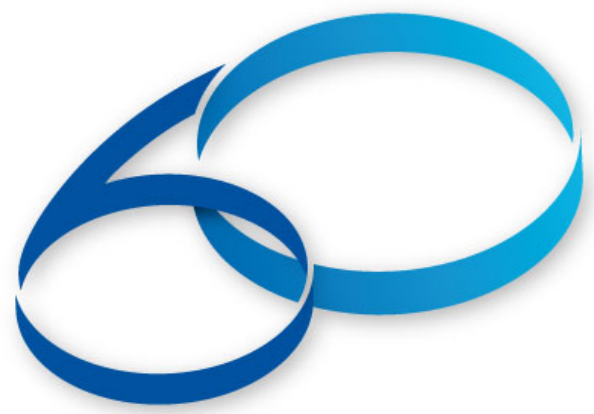
Other Nobel Laurates associated with CERN:

1952 Felix Bloch – *for the development of new methods for nuclear magnetic precision measurements* – first Director-General of CERN

1976 Samuel C. Ting – *for the discovery of J/ψ particle* – former spokesperson of the L3 experiment at LEP, currently spokesperson of the AMS experiment at the International Space Station

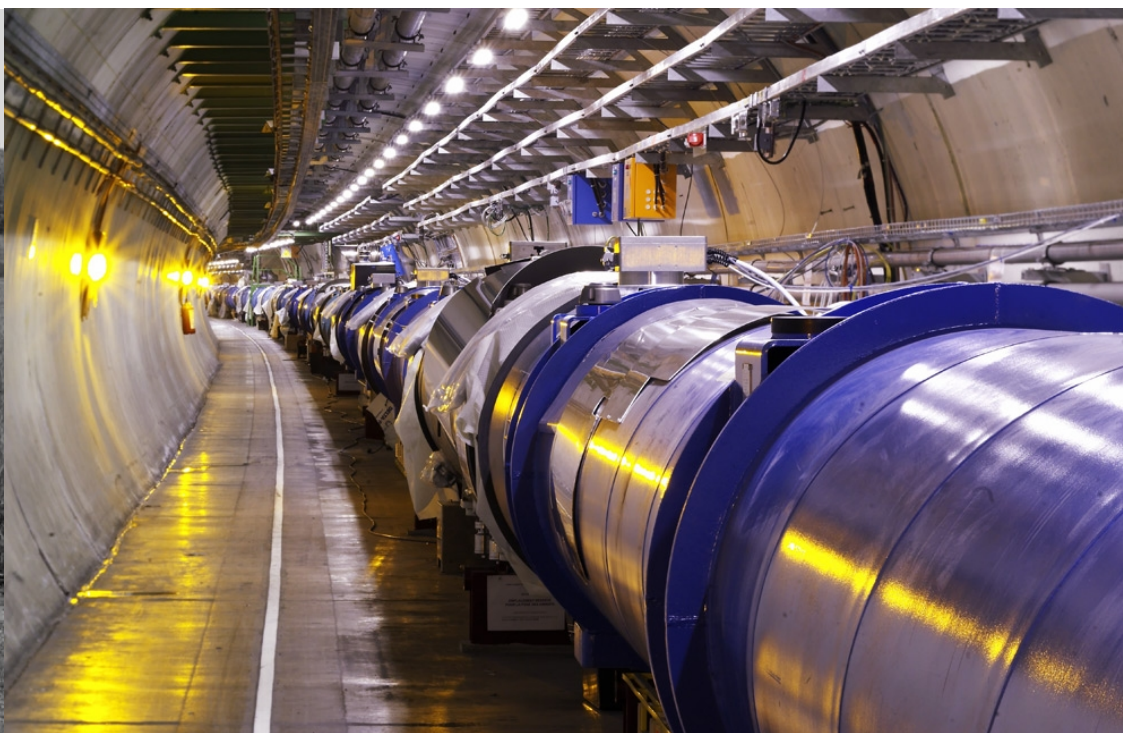


1954



2014

YEARS/ANS **CERN**



Large Hadron Collider (LHC)



LHC - Large Hardon Collider

LHC
is a real Guinness World Records Book

Tunnel
depth
H=100m

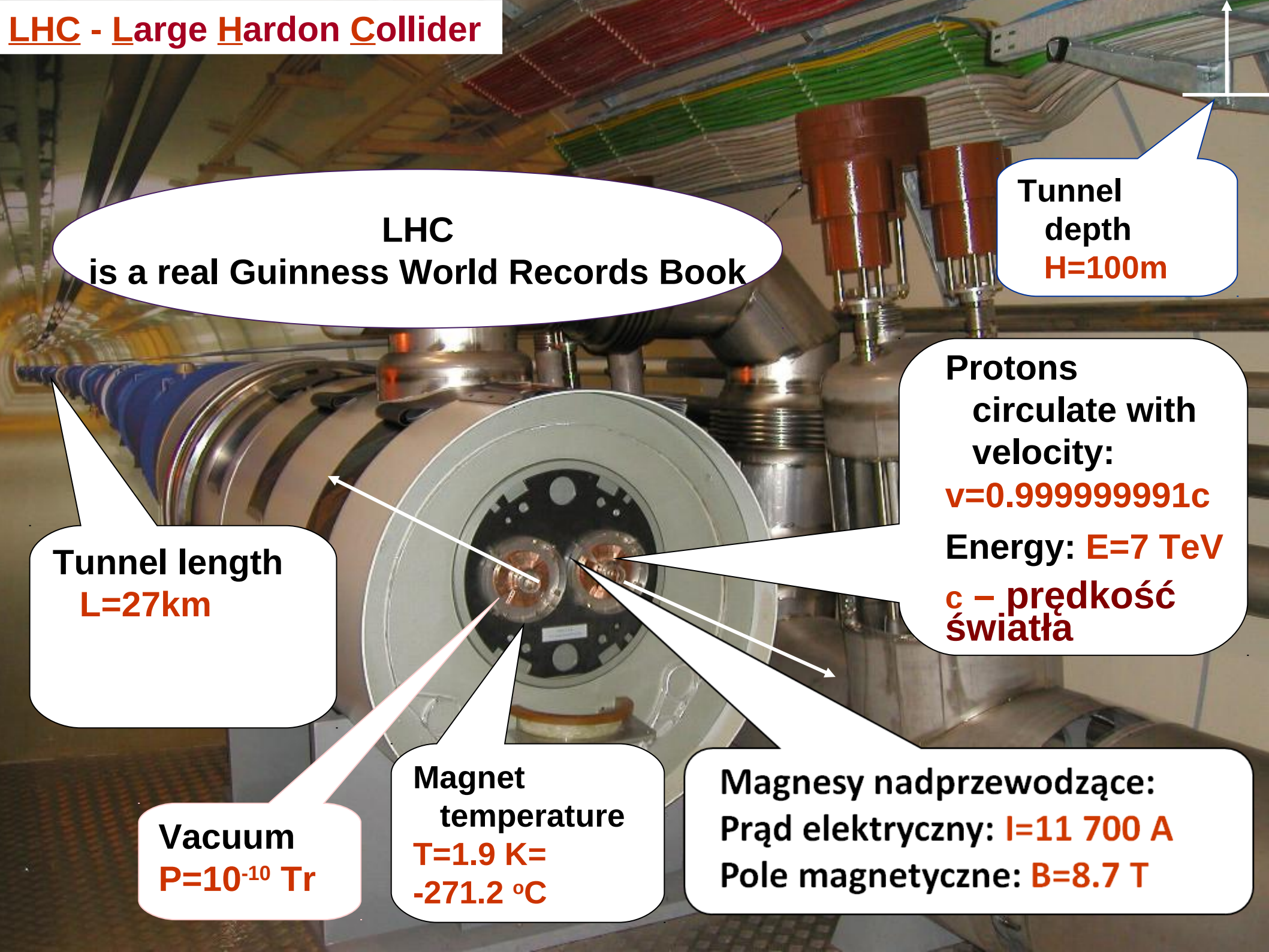
Protons
circulate with
velocity:
 $v=0.9999999991c$
Energy: **$E=7 \text{ TeV}$**
 **c – prędkość
światła**

Tunnel length
L=27km

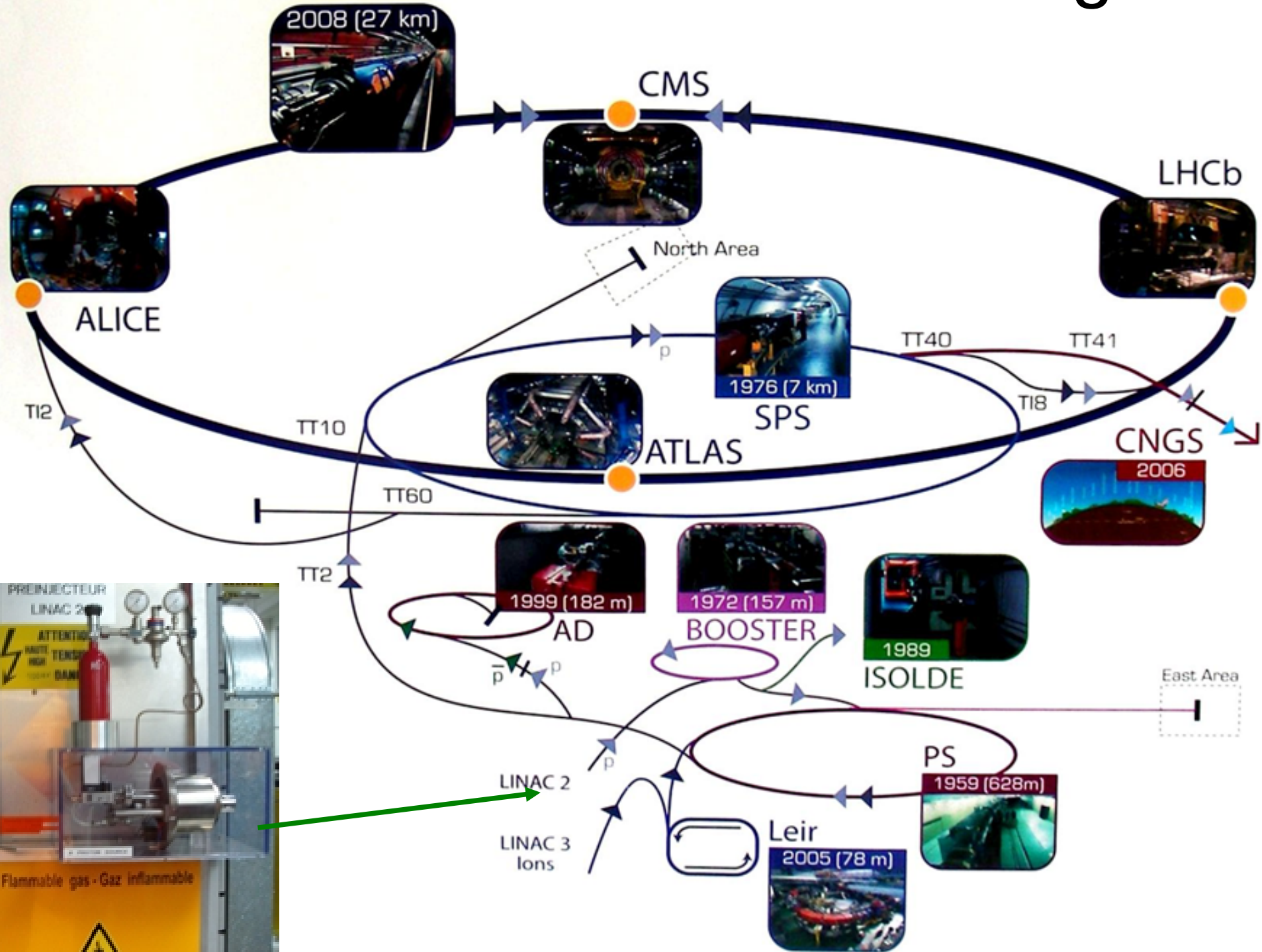
Vacuum
 $P=10^{-10} \text{ Tr}$

Magnet
temperature
 **$T=1.9 \text{ K=}$
 -271.2 °C**

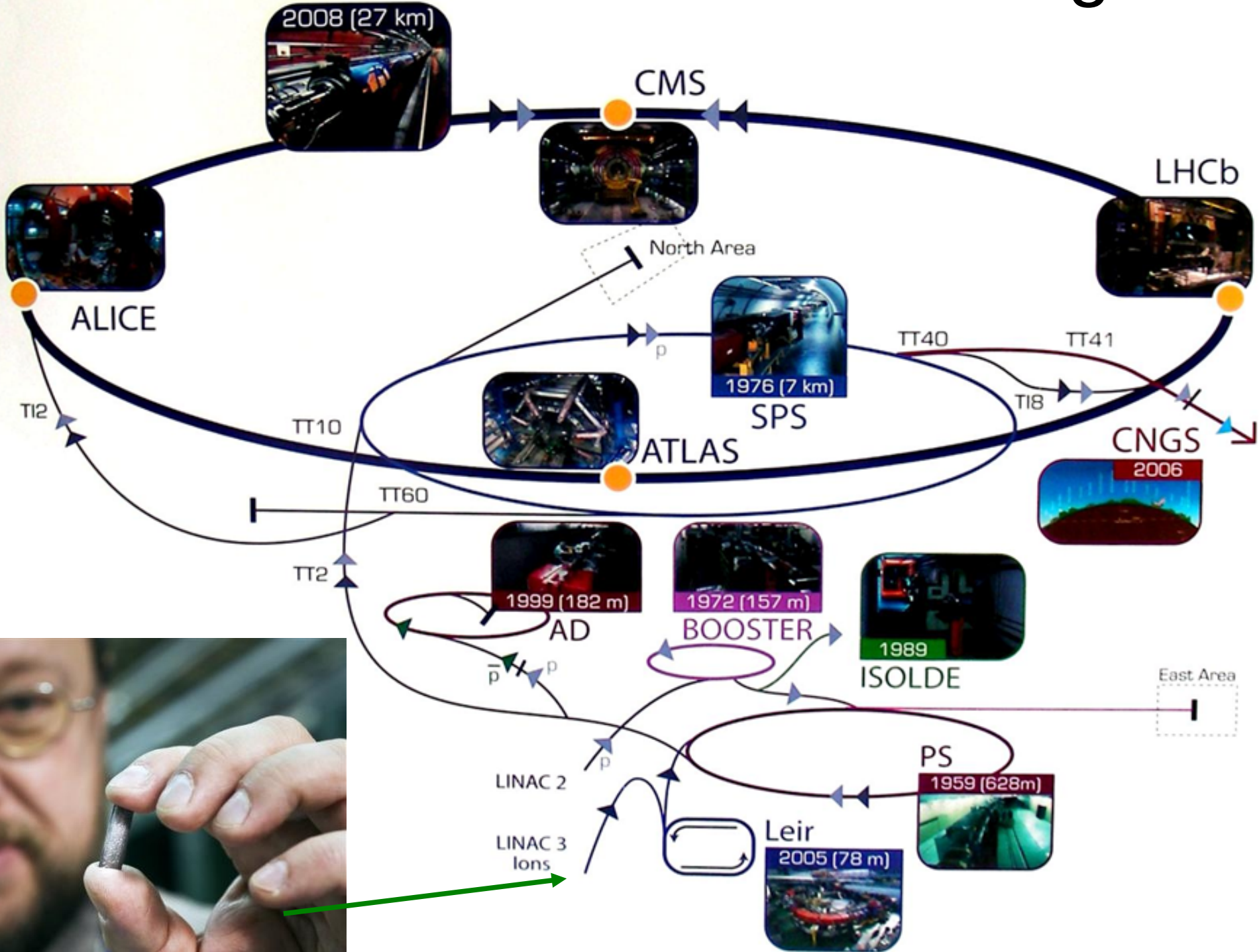
Magnesy nadprzewodzące:
Prąd elektryczny: **$I=11 \text{ 700 A}$**
Pole magnetyczne: **$B=8.7 \text{ T}$**



LHC = Lord of the Rings

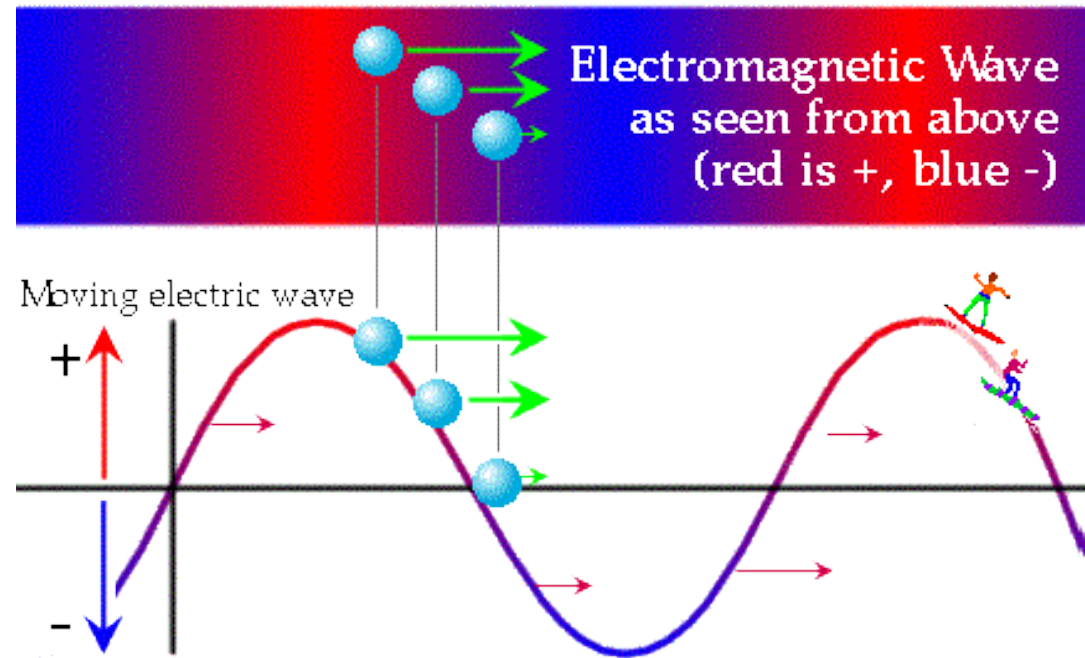
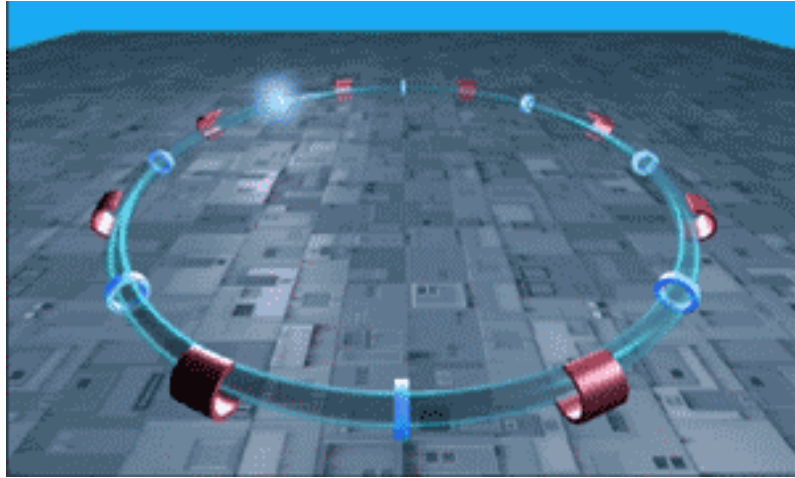


LHC = Lord of the Rings



How does it work in practice?

Electromagnetic wave is traveling, pushing particles along with it



We can accelerate only charged particles (i.e. electrons, protons, atomic nuclei)

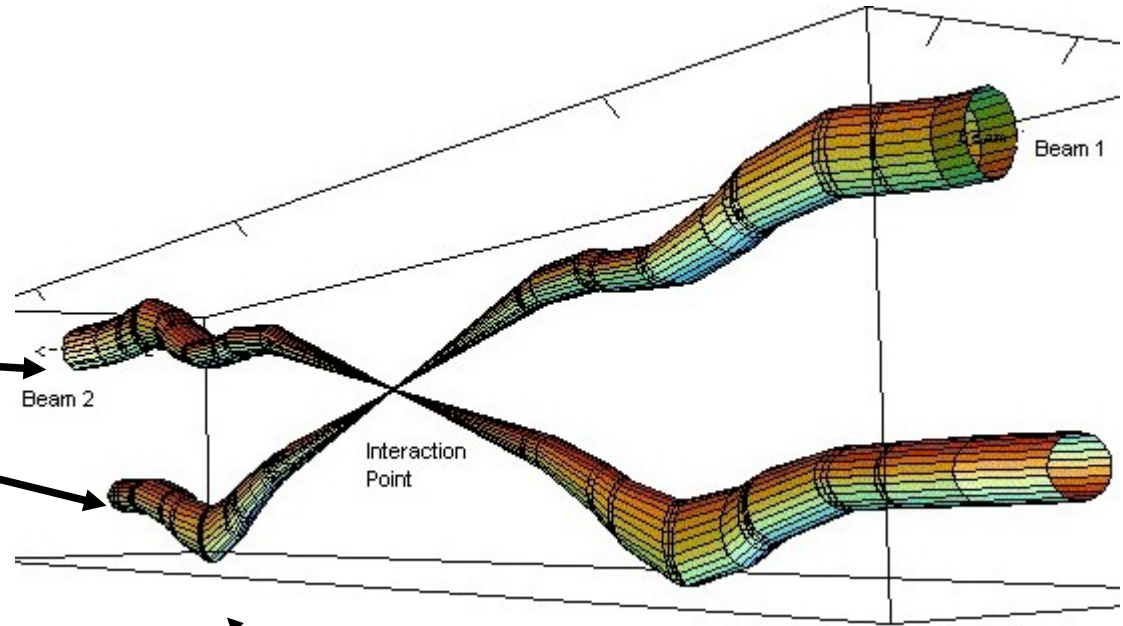
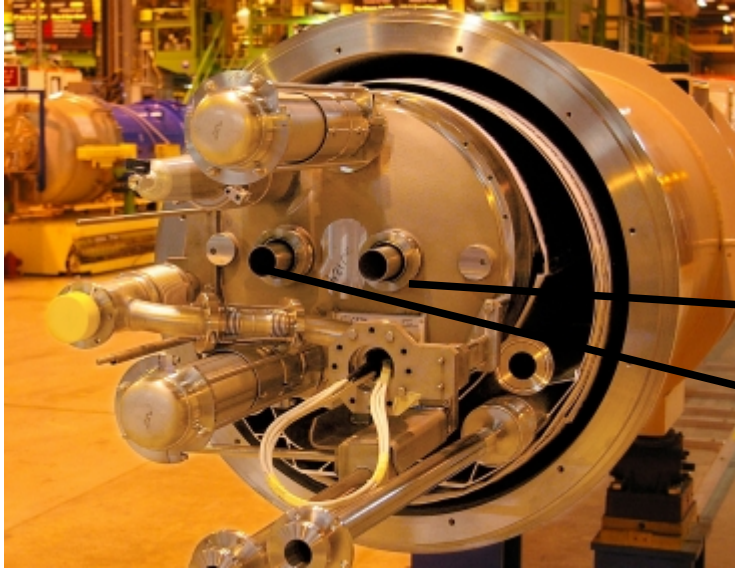
Electric field

– accelerates particles

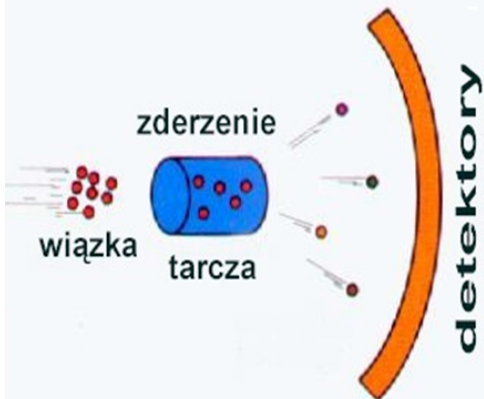
Magnetic field

– bends particle trajectories
– focuses the beam

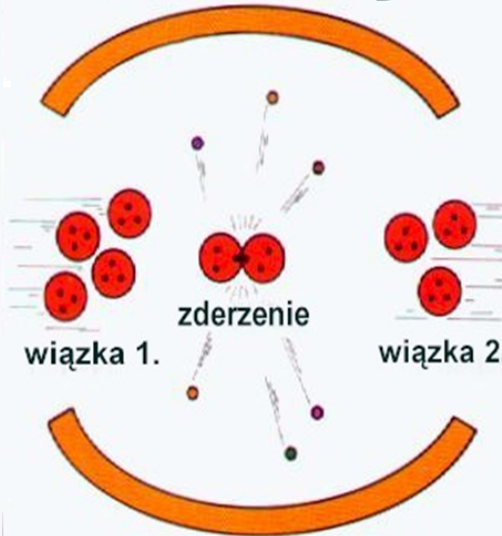
Where are those collisions?



Zderzenia: wiązka-tarcza

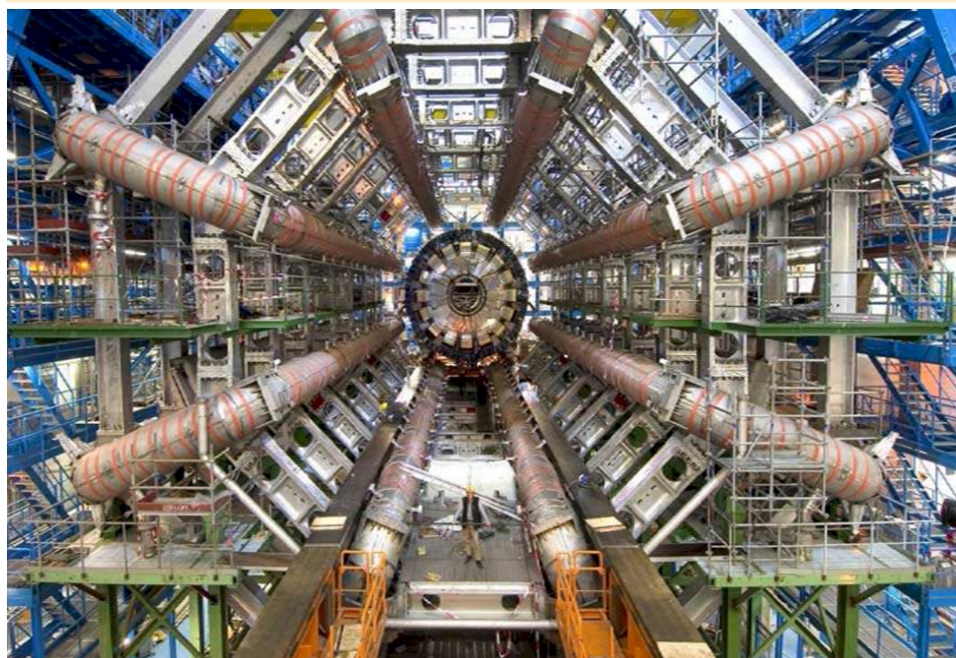


Zderzenia wiązek
detektory

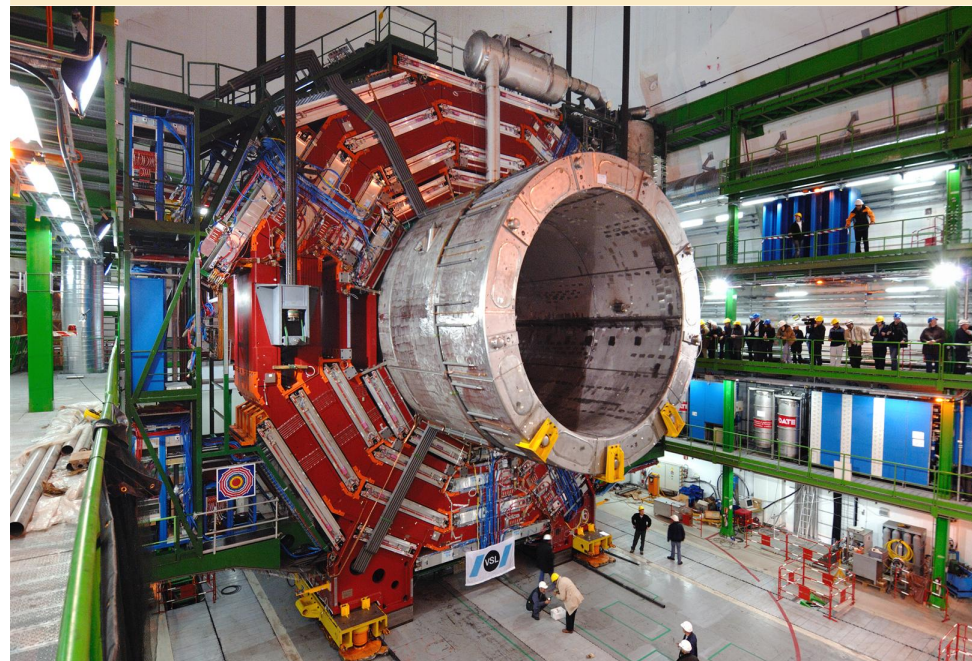


Bending and focusing using magnets

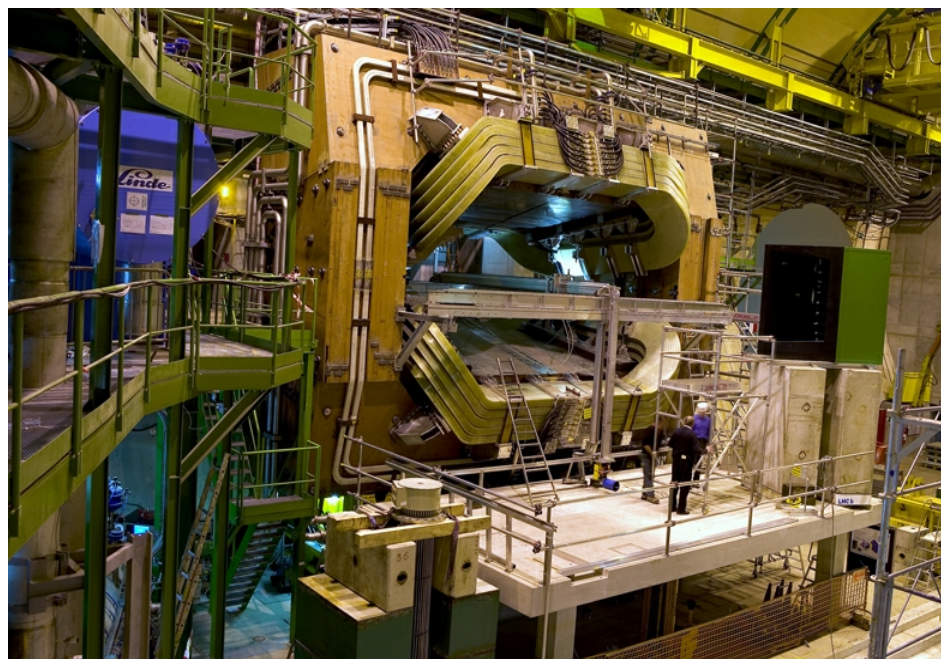
CERN – ATLAS



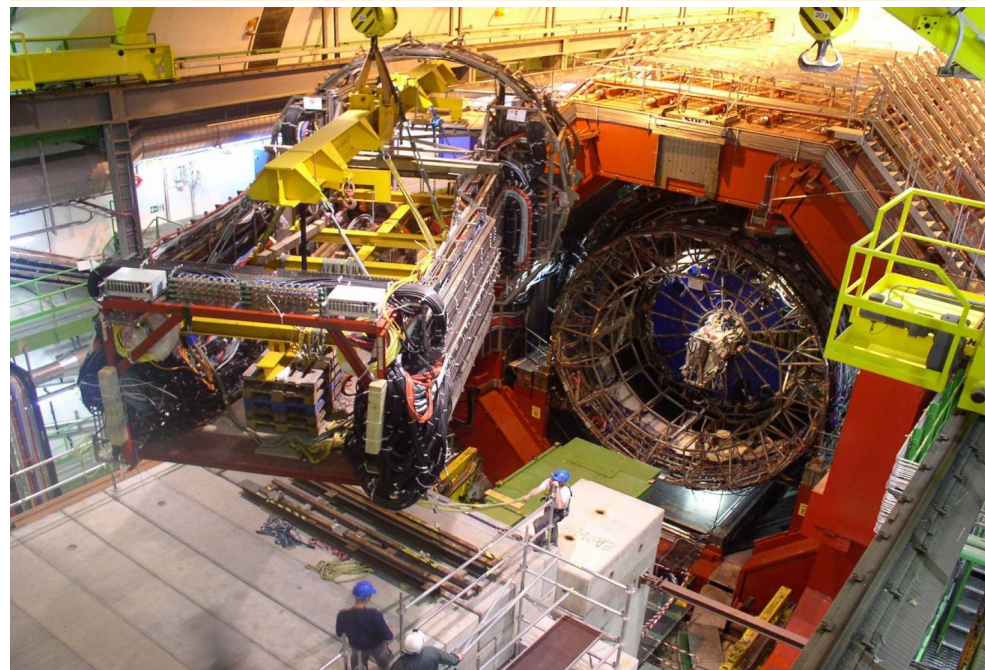
CERN – CMS

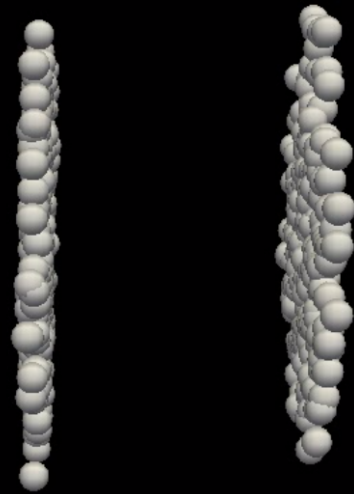


CERN – LHCb



CERN – ALICE

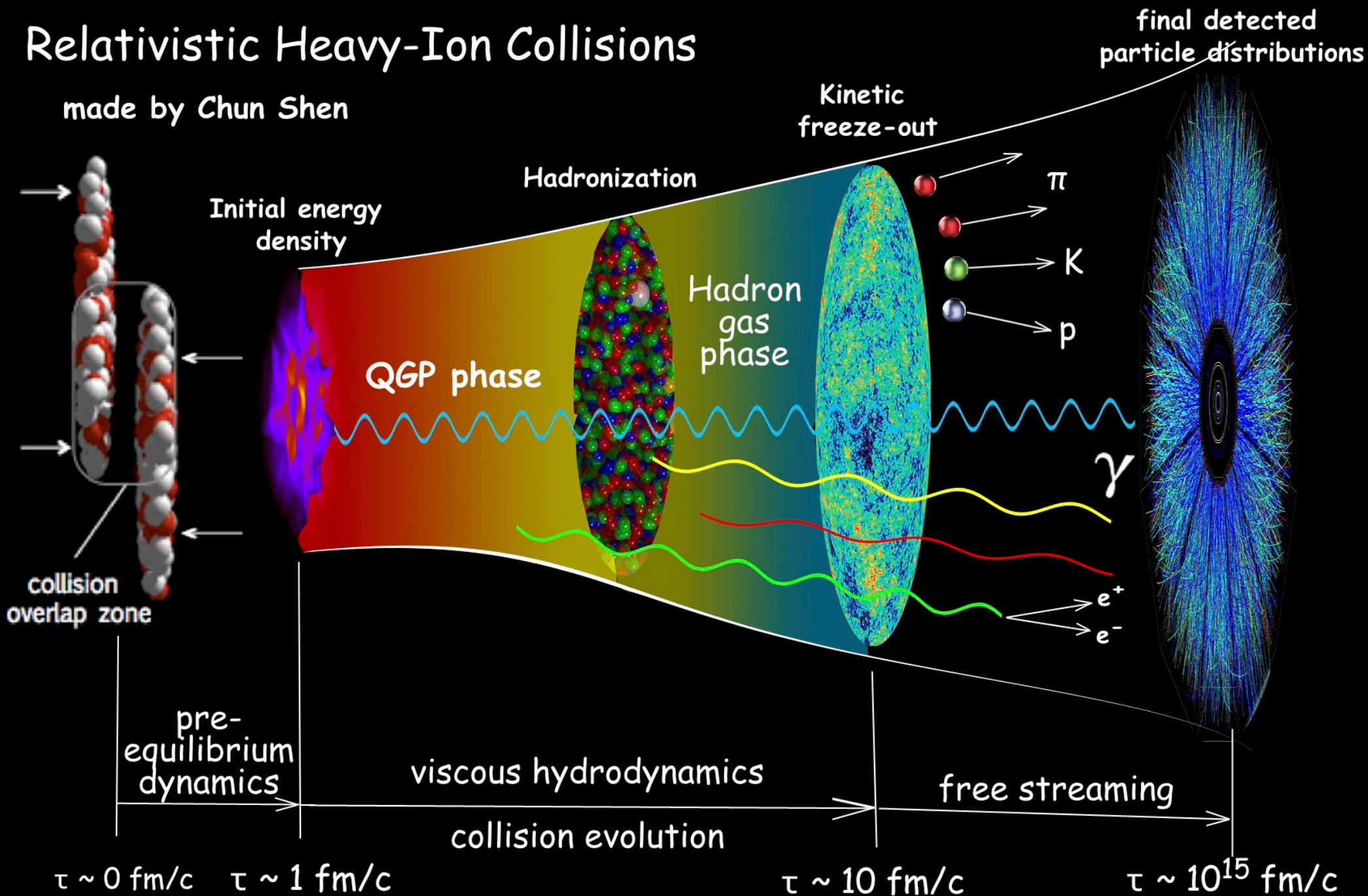




MADAI.us

Relativistic Heavy-Ion Collisions

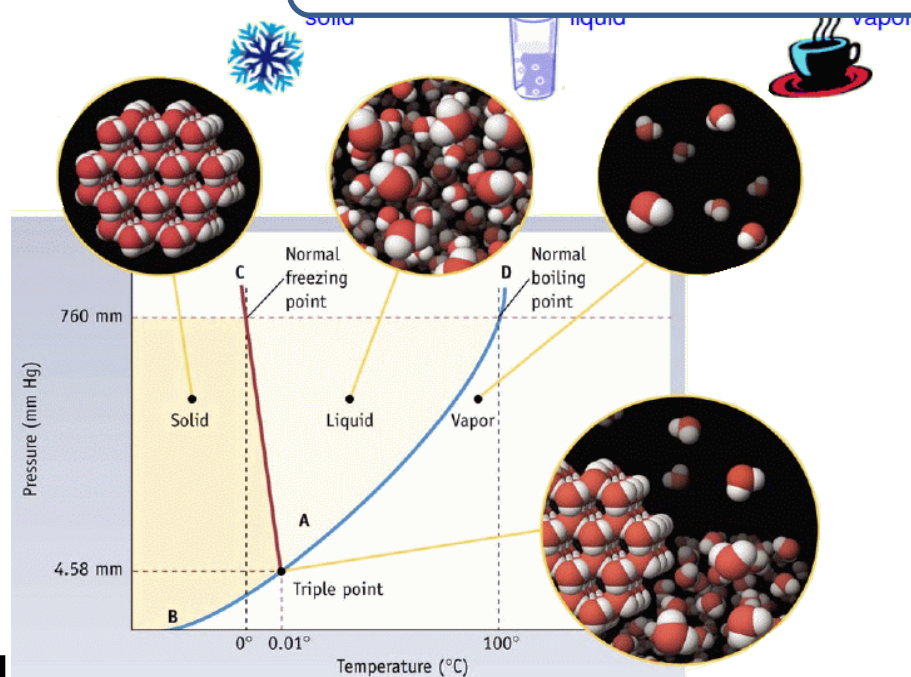
made by Chun Shen



Critical temperature, below which the phase transition occurs



Phase diagram of water



Below certain temperature, quarks and gluons combine into protons, neutrons and other particles

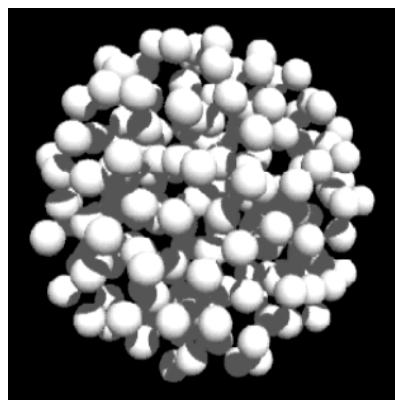
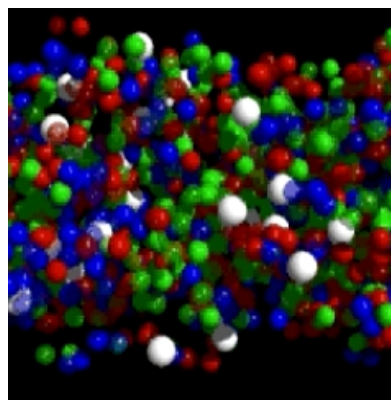
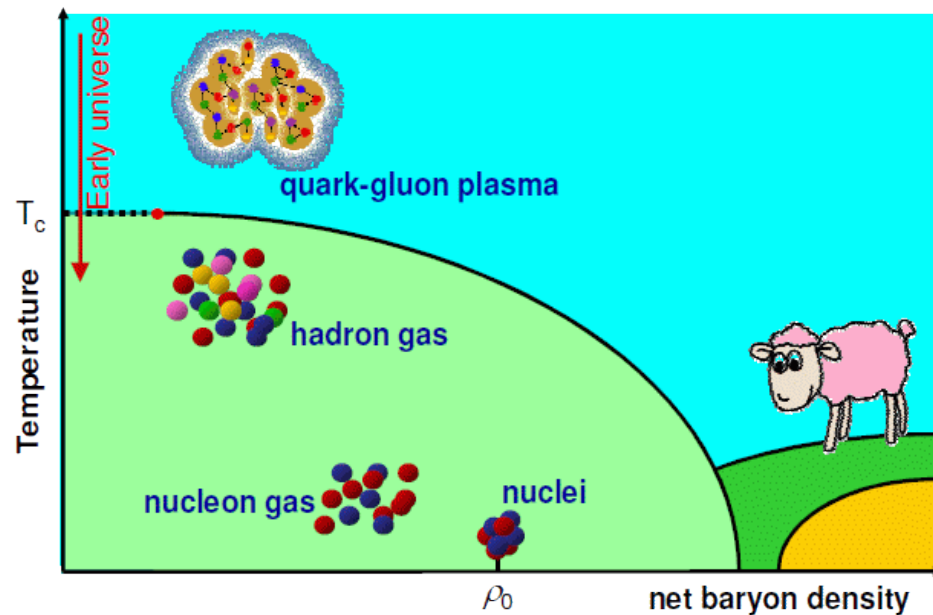
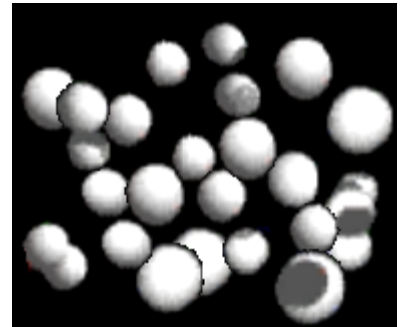
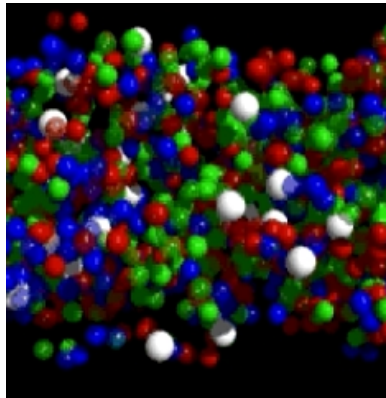
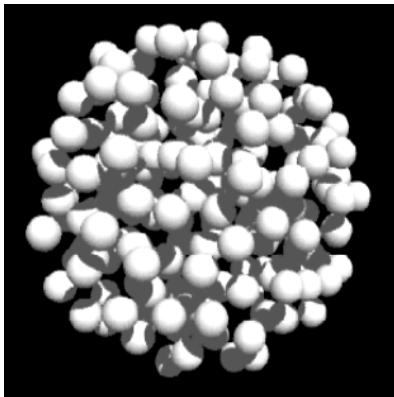


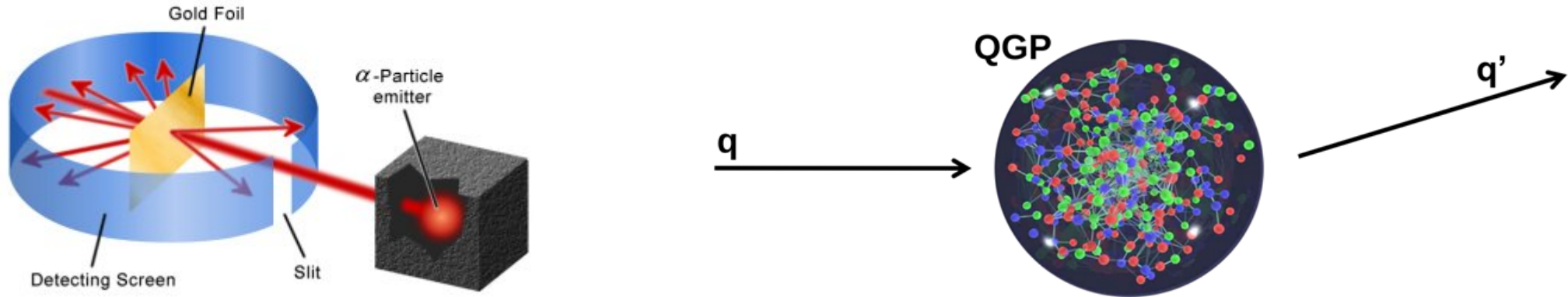
Diagram of quark matter





How do we study the QGP?

- In an ideal situation: a Rutherford experiment idea



- BUT:

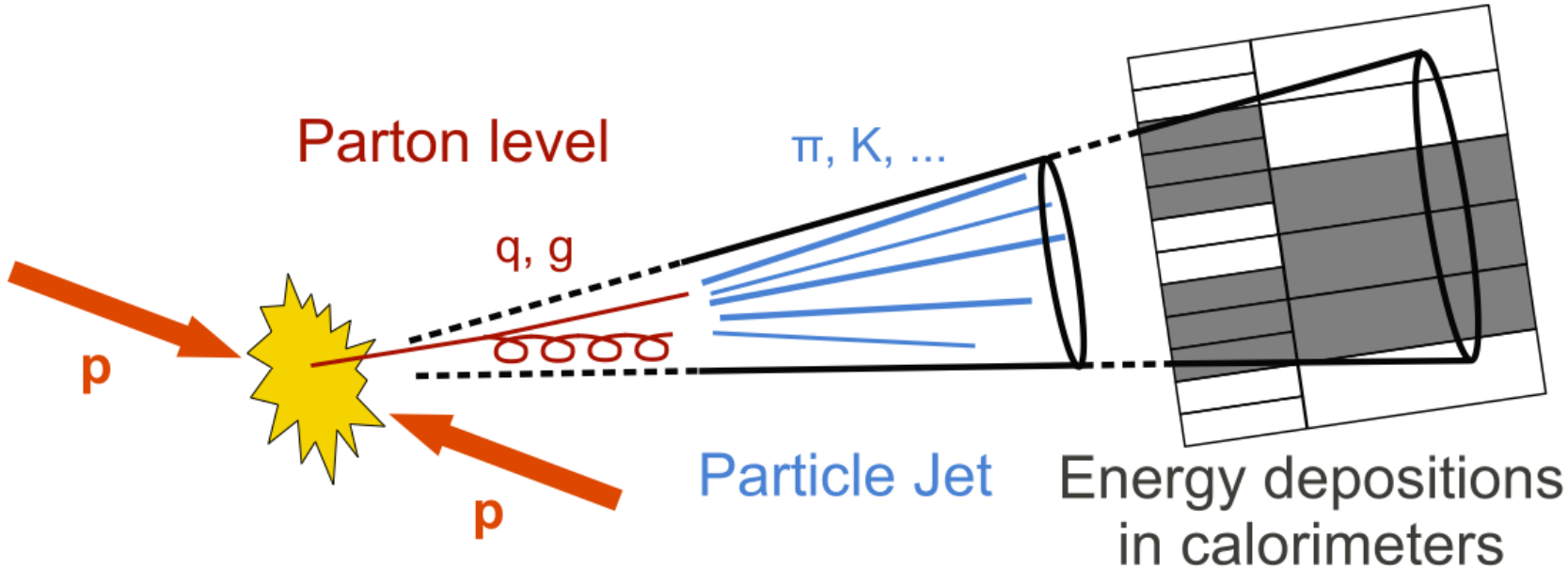
- QGP lives for just $\sim 10^{-23}$ s
- We do not have color charges that we could use as probes (no free quarks)

- Instead:

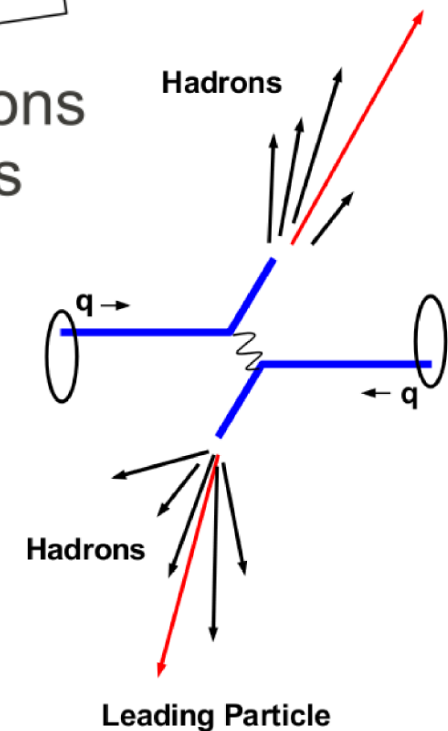
- Using processes which are created by the QGP itself (“self-generated QGP probes”)

Example: Jets

- Initial partons (quarks or gluons) with high momentum cause the creation of so-called jets:



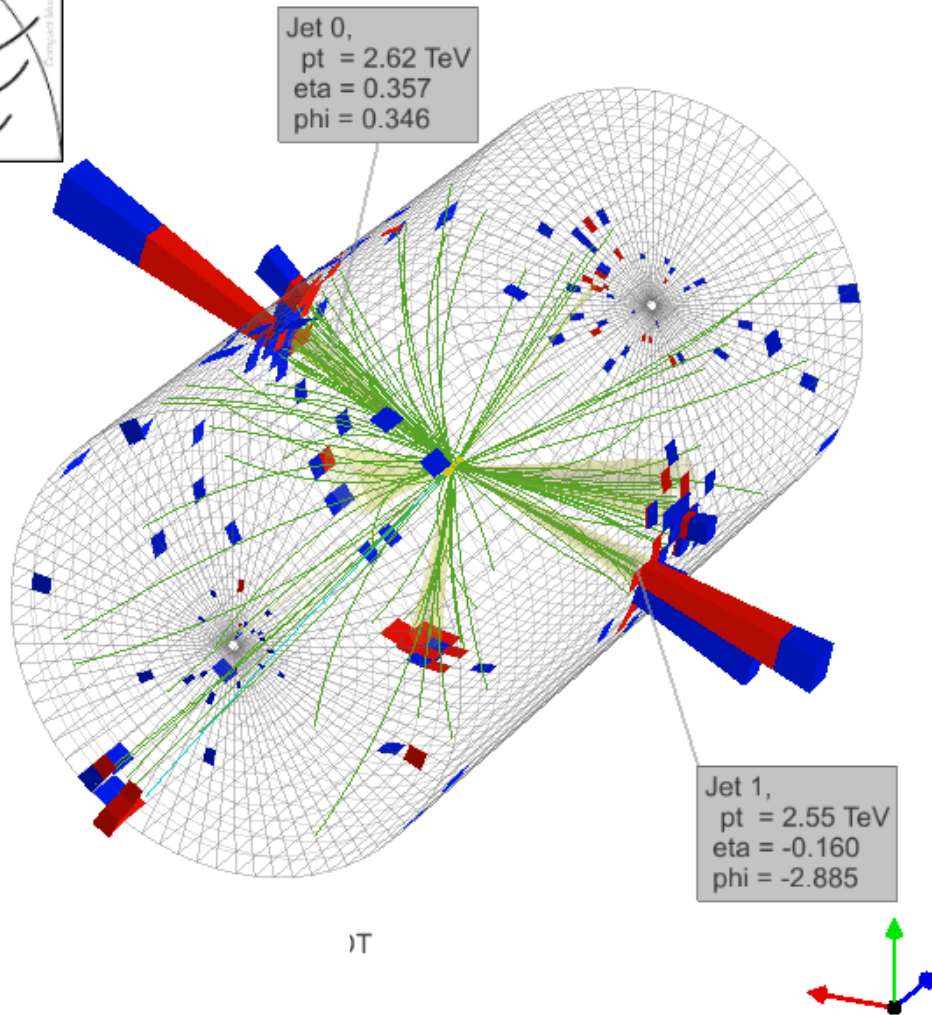
- "Jet" is a collimated stream of particles (hadrons) of high momentum (energy) which reach the detector
- In practice (energy-momentum conservation) in a collision we have two (sometimes more) jets



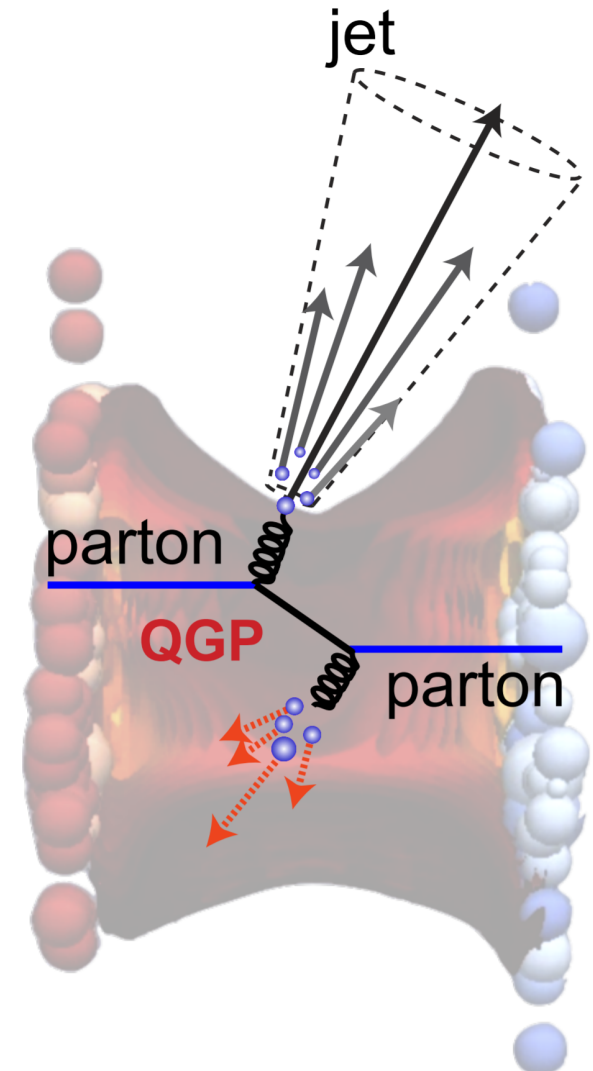
Example: Jets



proton-proton



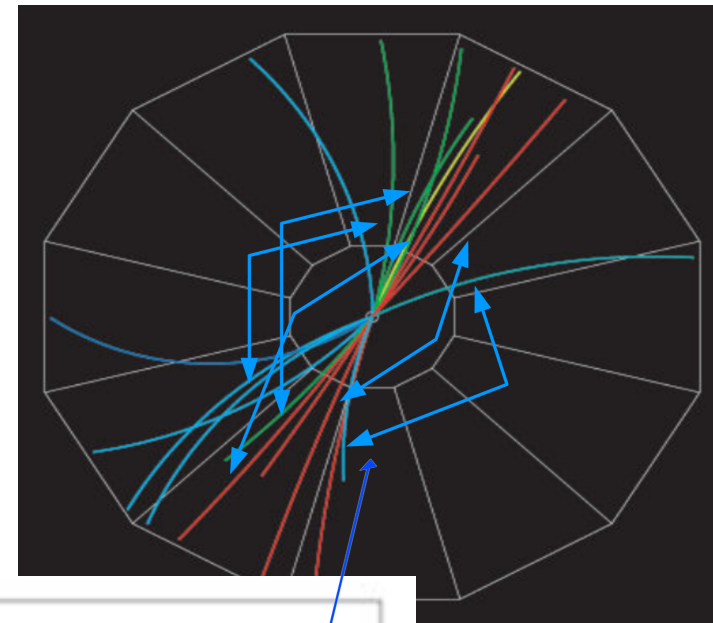
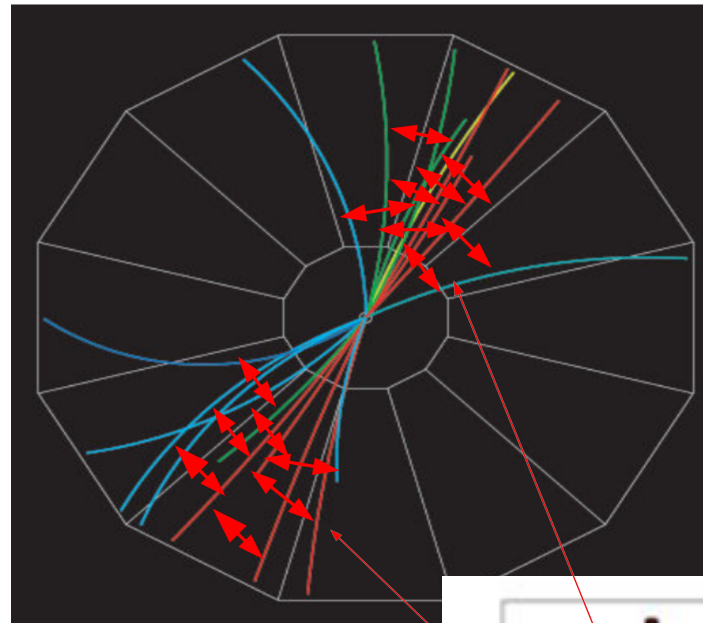
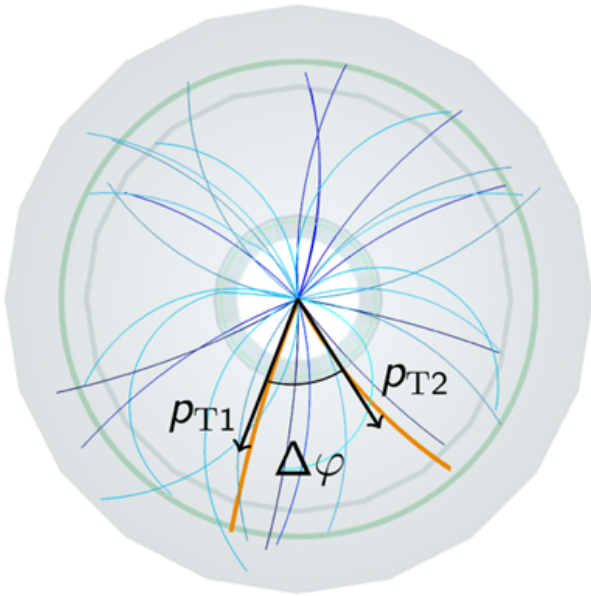
Pb-Pb



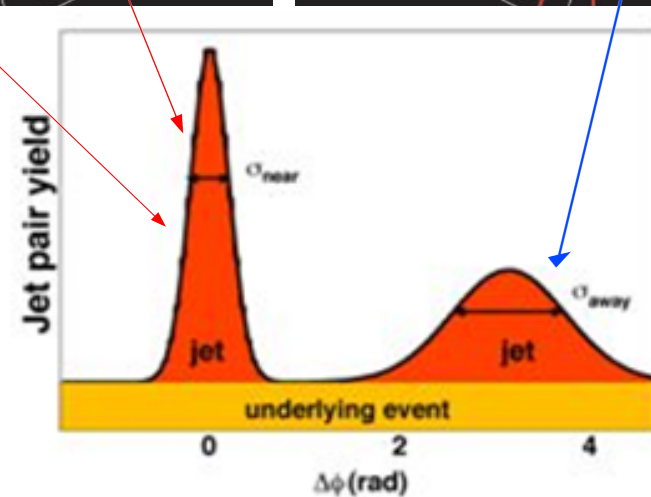
- In heavy-ion collisions one jet is being quenched (suppressed) in the created QGP medium

Przykład: Jets

- How to experimentally measure the jet suppression?
- We can look at the collision in the transverse plane and calculate azimuthal angle difference distribution:

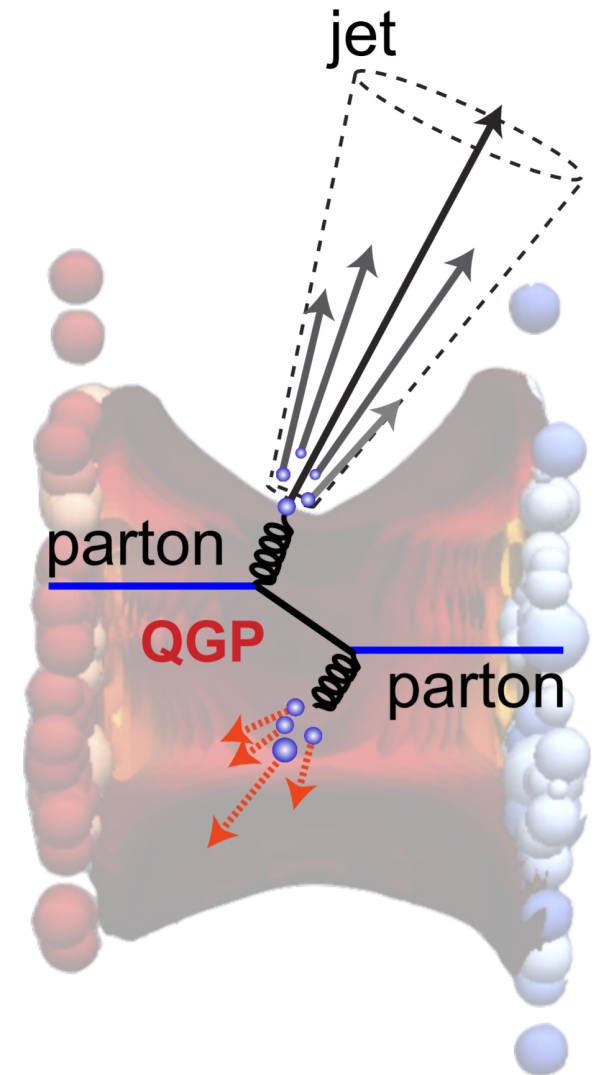
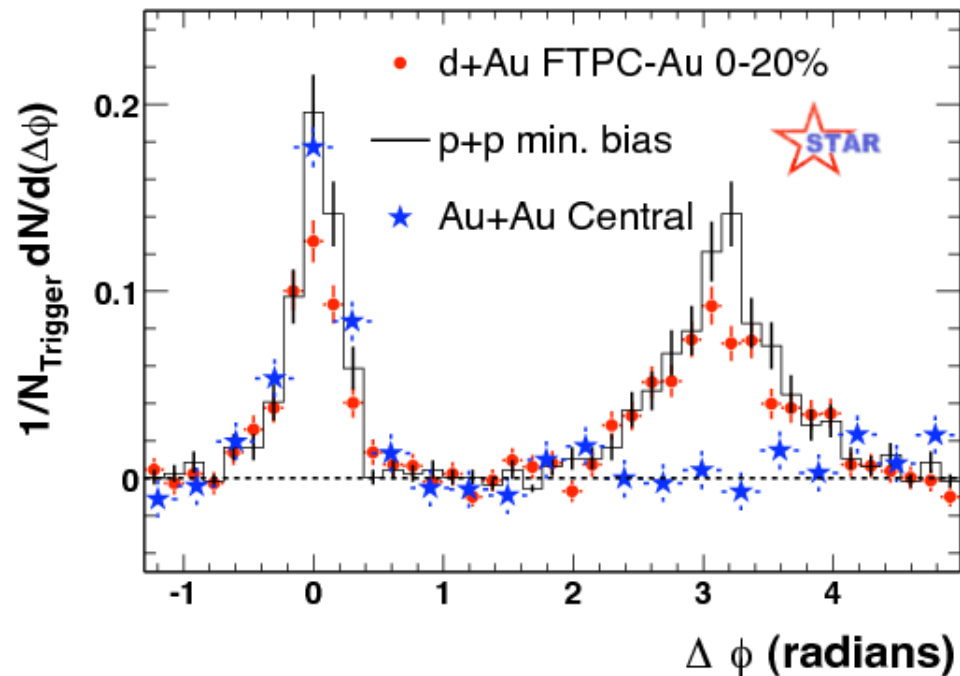


p_T - transverse momentum;
 φ - azimuthal angle;



Example: Jets

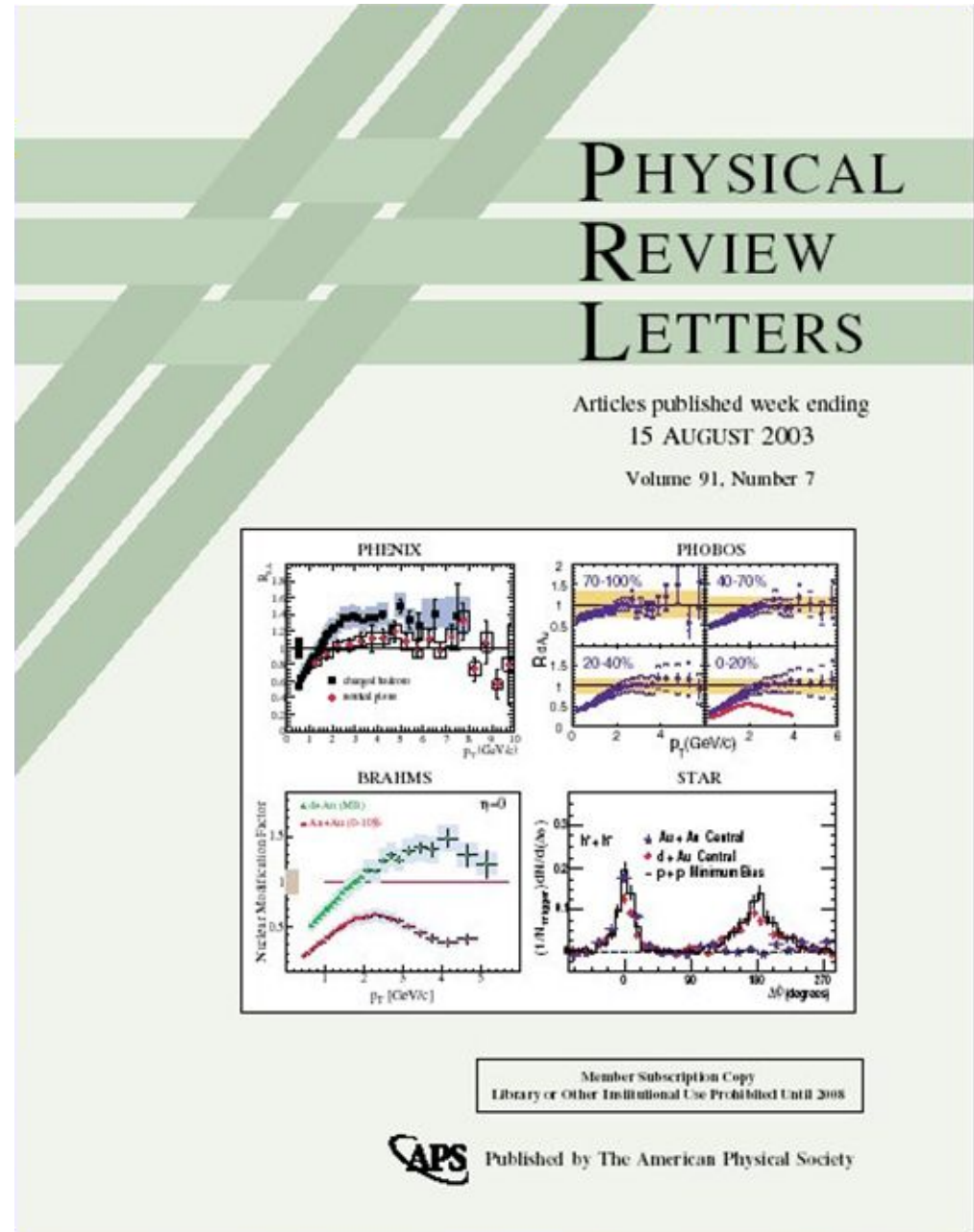
- When we perform such an analysis in both pp and heavy-ion collisions:
examples from STAR experiment at RHIC (Brookhaven, USA)



- We have suppression of jets in the QGP medium in heavy-ion collisions

Example: Jets

- These types of measurements are called **signatures** of QGP
- This result (wraz z innymi tego typu) znalazł się na okładce Physical Review Letters w 2003 roku (najbardziej prestiżowe czasopismo naukowe w dziedzinie fizyki)
- Jest to pośredni dowód istnienia plazmy kwarkowo-gluonowej
- Oczywiście, takich sygnatur jest znacznie więcej
- Obecnie, 15 lat później, wiemy znacznie więcej na temat QGP



Here is our area of research

EWOLUCJA WSZECHŚWIATA

po 13,7 miliardach lat

Dzisiaj

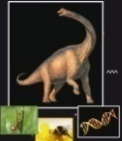


Dzisiaj w CERN-ie cofamy się w czasie i badamy jak powstawała materia

-270°C

po 10 miliardach lat

Życie na Ziemi



Zupa z organicznych cząsteczek pojawia się na Ziemi, małej niebieskiej planecie zagubionej w ogromnym Wszechświecie



po 9,2 miliardach lat

Układ słoneczny



Grawitacja zbiera szczątki gwiazd i powstają planety

po 200 milionach lat

Gwiazdy i galaktyki



Grawitacja zbiera chmury atomów w gwiazdy

W sercu gwiazd zachodzi synteza ciężkich atomów – cegiełek życia

4000°C

po 380000 latach

Lekkie atomy



Wiążą się z jądrami atomowymi tworząc atomy wodoru i helu

Fotony nie oddziałują dłużej z elektronami: wszechświat staje się przezroczysty i świeci



Atom helu



Atom wodoru

po trzech minutach

Lekkie jądra



Protony i neutrony wiążą się tworząc jądra atomowe

Fotony są ciągle absorbowane i reemitowane, a Wszechświat jest nieprzezroczysty.

2 protony + 2 neutrony = jądro helu

1 proton = jądro wodoru

po 0,01 milisekundy

Protony i neutrony



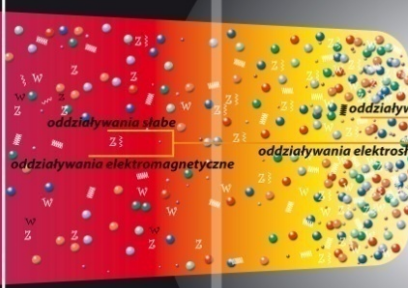
Kwarki i gluony wiążą się tworząc protony i neutrony

Wszechświat ma rozmiar układu słonecznego

10¹²°C

po 10⁻¹² sekundy

Plazma kwarkowo gluonowa



Wszechświat ma promień 300 milionów kilometrów

10¹⁵°C

po 10⁻²⁰ sekundy

po 10⁻³⁵ sekundy

Wielki Wybuch

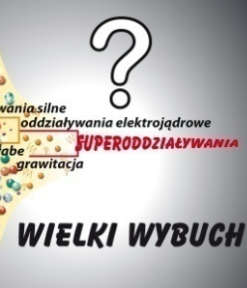


Wszechświat ma wielkość jabłka

10²⁷°C

po 10⁻⁴³ sekundy

Wielki Wybuch



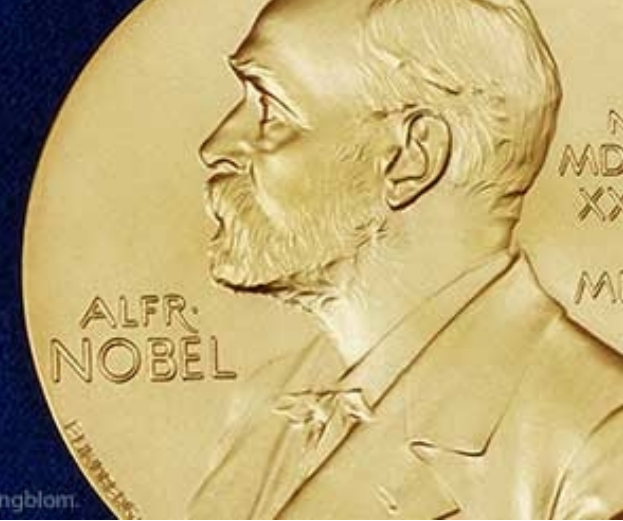
Wszechświat jest nieskończenie małym punktem

10³²°C

- Proton
- Neutron
- Mezon
- Kwark
- Elektron
- Neutrino
- ☉ Foton
- ☉ Oddziaływanie słabe
- ☉ Oddziaływanie silne

2013 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

François Englert
Peter W. Higgs



© The Nobel Foundation. Photo: Lovisa Engblom.

Nobel Prize in Physics 2013



Problem of the mass and the properties of the Higgs are the scope of the **ATLAS** and **CMS**.

Why some particles are heavy and other do not have mass?

An answer to this question is provided by the so-called Higgs mechanism.

According to this theory, the space is filled with the Higgs field, with which particles interact.

Particles, which strongly interact with the Higgs field are heavy, those who interact weakly are light.

The Higgs field has at least one additional particle – the Higgs boson.

The Higgs boson – „Holy Grail” of modern science



Problemem istnienia masy i właściwości bozonu Higgsa zajmują się eksperymenty **ATLAS** oraz **CMS**.

Dlaczego r
Odpowiedz
teorii cała
którym cza

Cząstki, kt
oddziałują

Pole Higgsa

g tej
e z

ggsa.

Cząstka
Graal



Problemem istnienia masy i właściwości bozonu Higgsa zajmują się eksperymenty **ATLAS** oraz **CMS**.

Dlaczego
Odpowied
teorii cała
którym cz

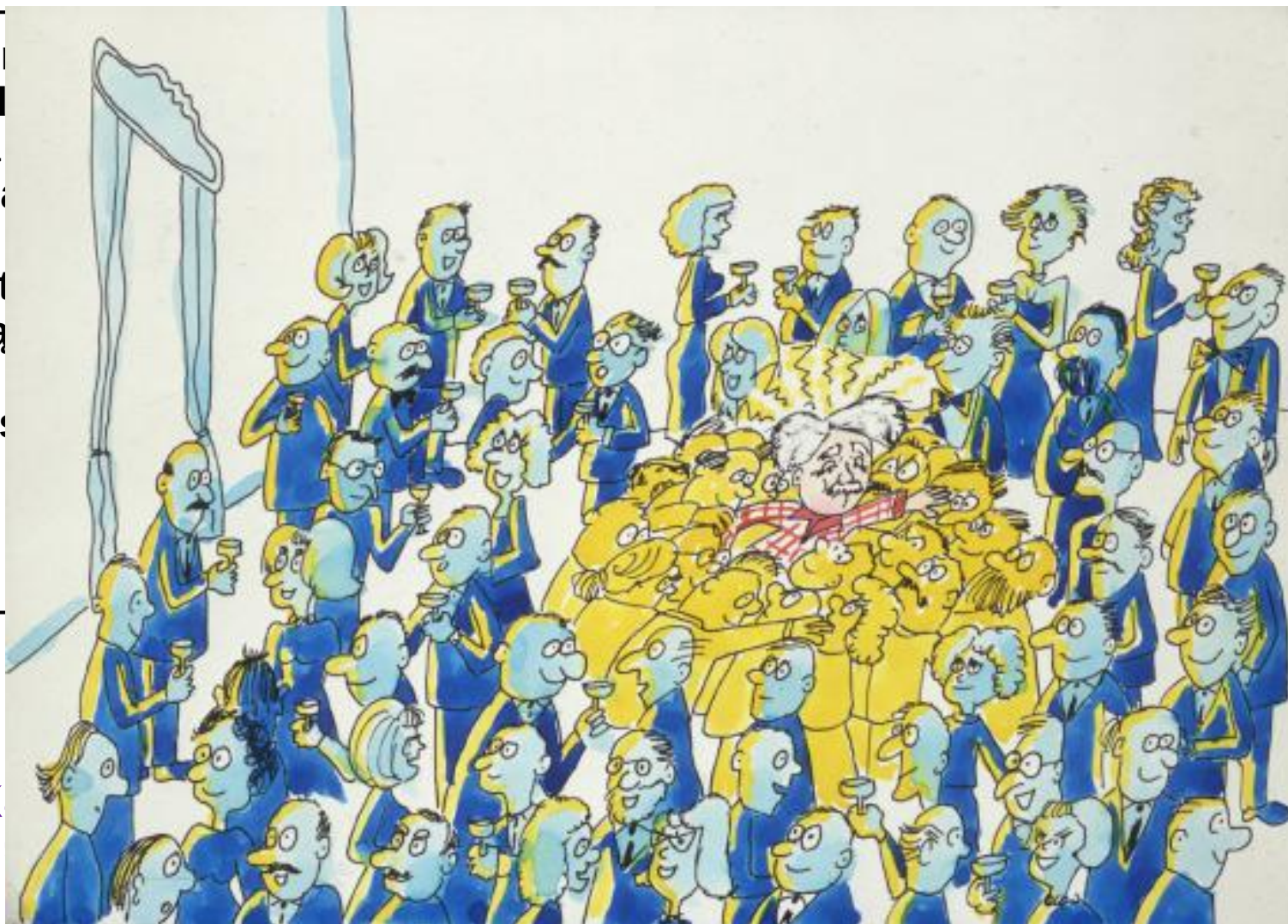
Cząstki, kt
oddziałują

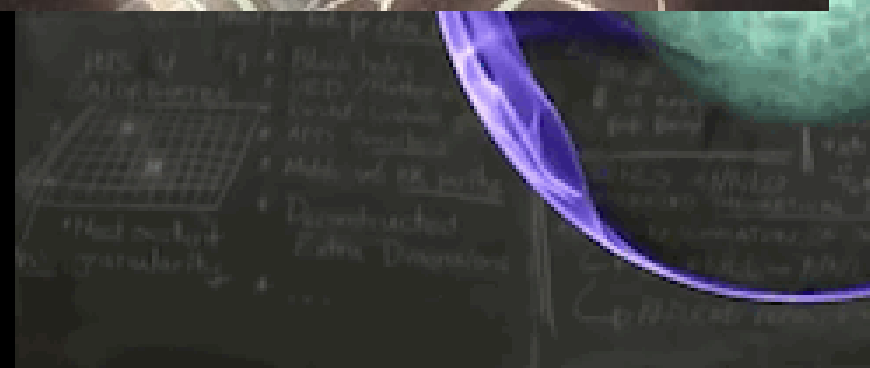
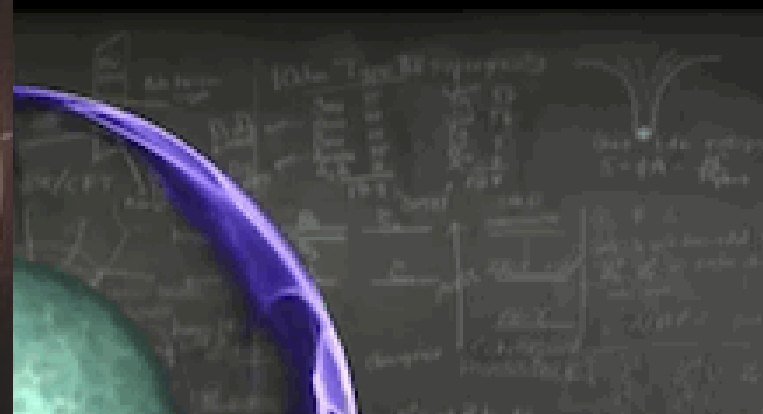
Pole Higgs

g tej
e z

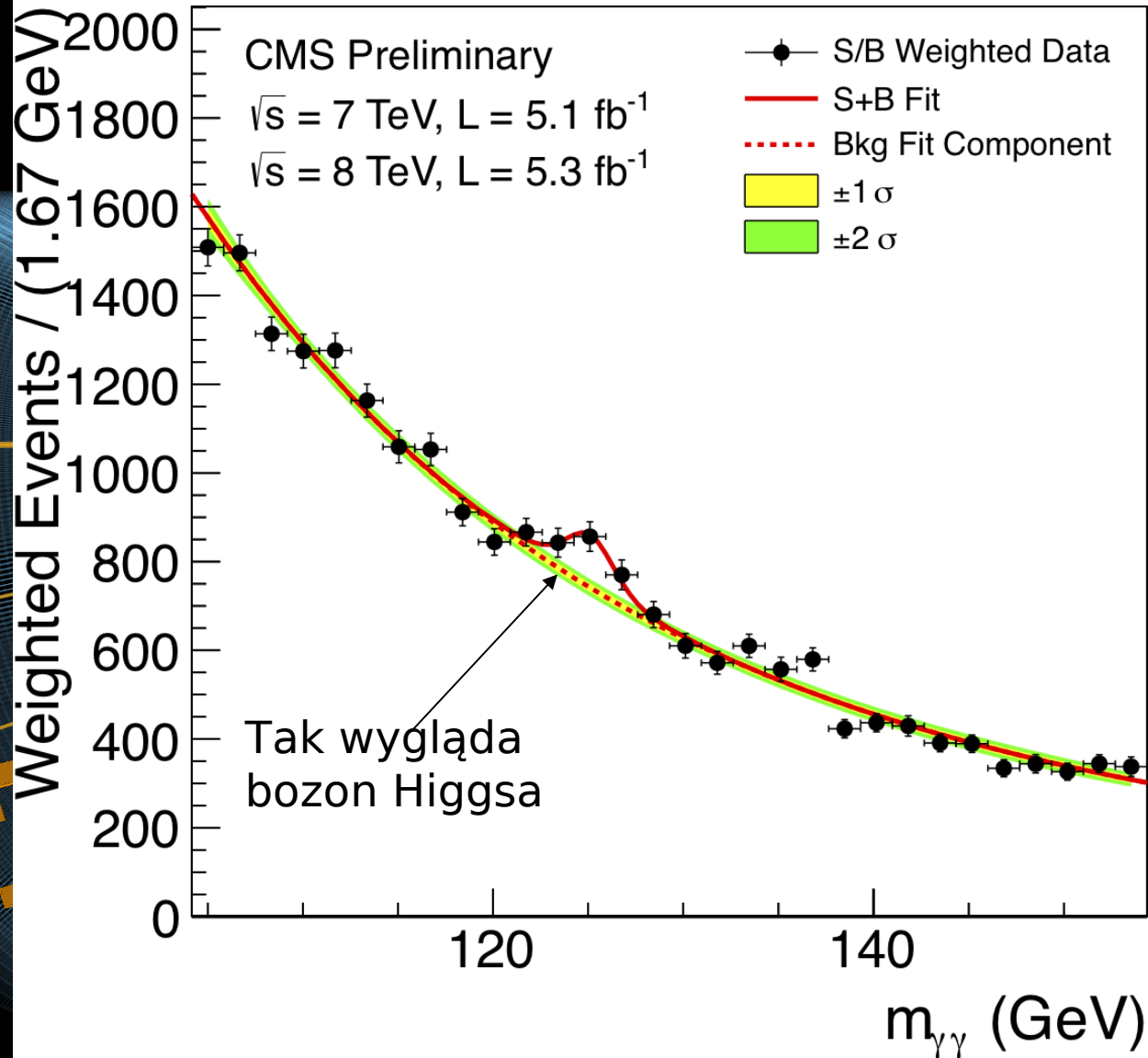
Higgsa.

Cząstk
Graal

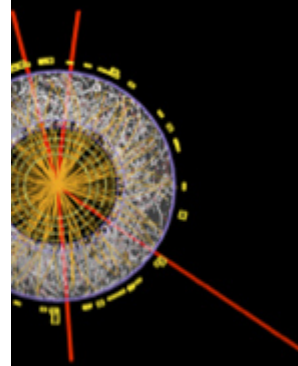
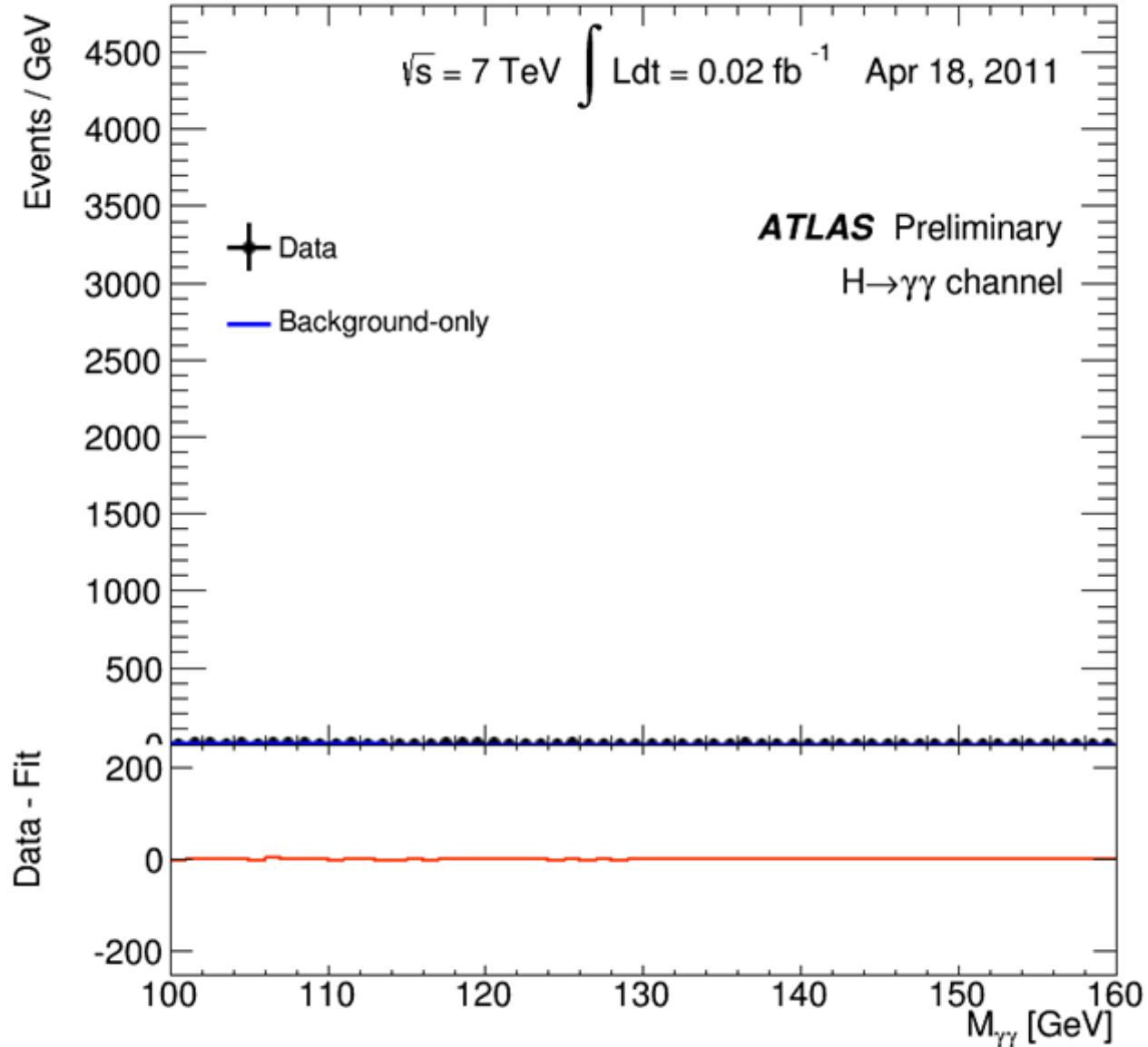




How does it look like?

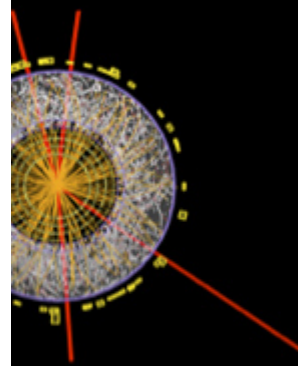
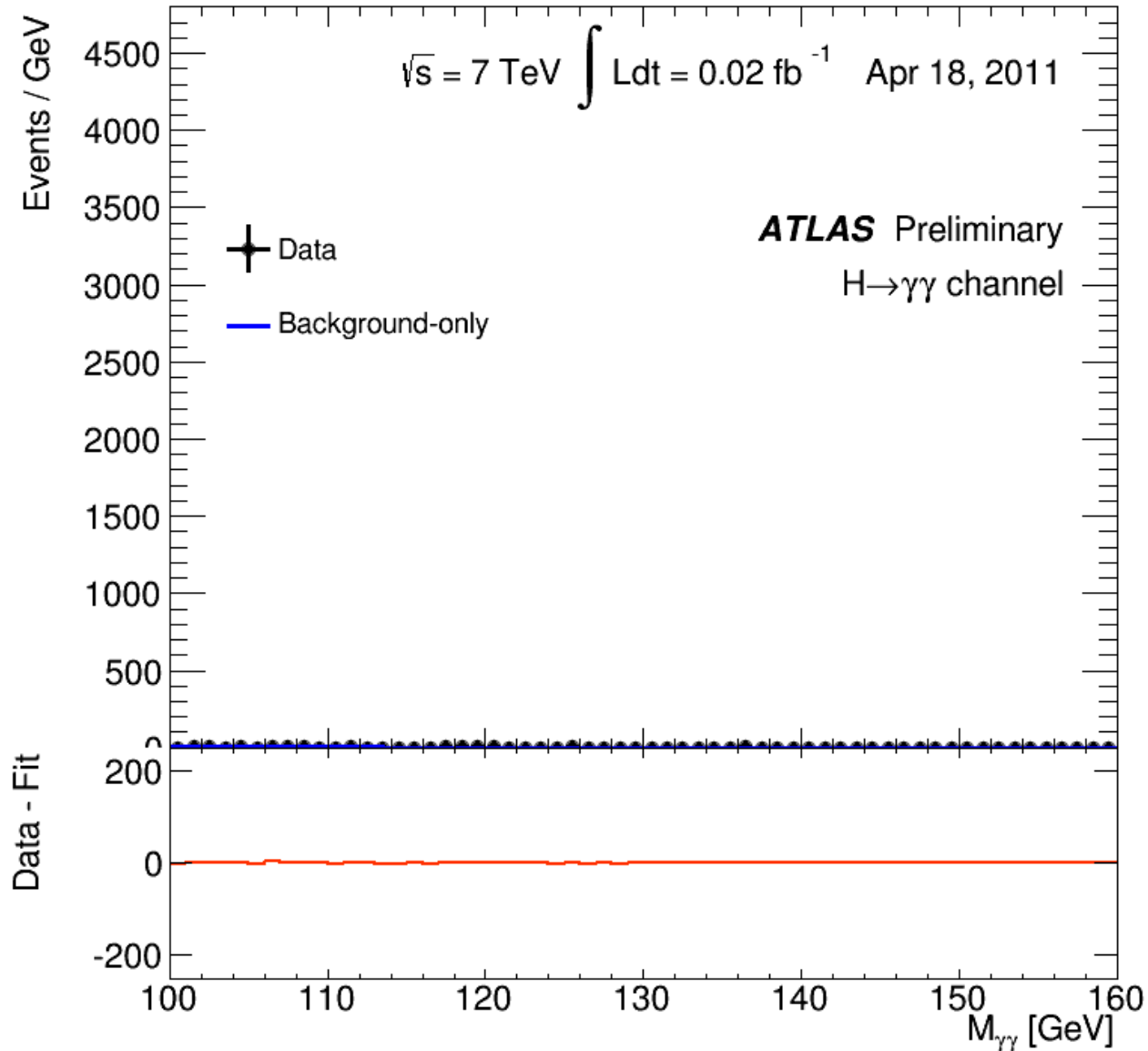


How does it look like?



Run: 204769
Event: 71902630
Date: 2012-06-10
Time: 13:24:31 CEST

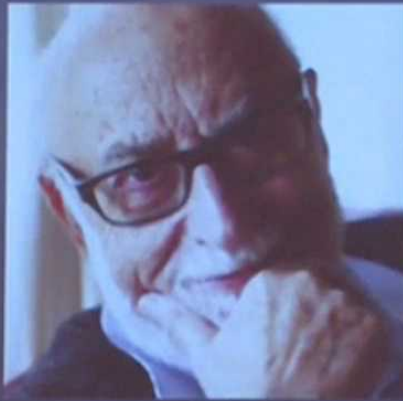
Poszukiwanie Higgsa



Run: 204769
Event: 71902630
Date: 2012-06-10
Time: 13:24:31 CEST



The Nobel Prize in Physics 2013



François Englert
Université Libre de Bruxelles, Belgium



Peter W. Higgs
University of Edinburgh, UK

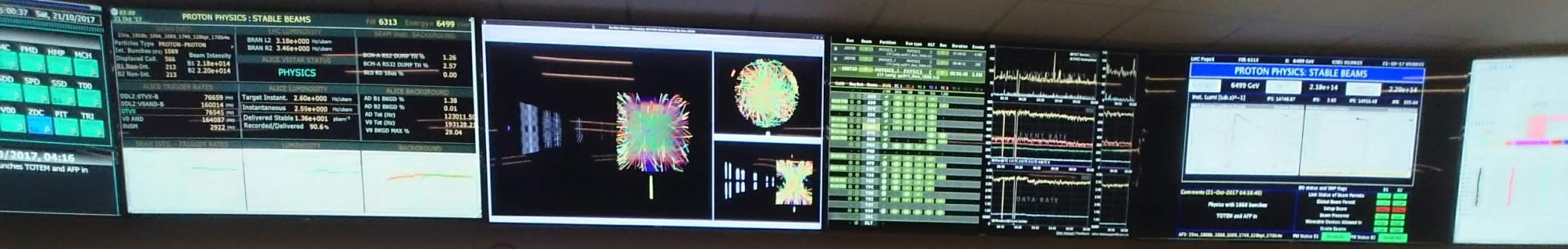
"För den teoretiska upptäckten av en mekanism som bidrar till förståelsen av massans ursprung hos subatomära partiklar, och som nyligen, genom upptäckten av den förutsagda fundamentala partikeln, bekräftats av ATLAS- och CMS-experimenten vid CERN:s accelerator LHC."

"For the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider."

Nobel Prize in Physics 2013 – Stockholm, 8.10.2013

François Englert (Université Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium)

Peter W. Higgs (University of Edinburgh, Edinburgh, United Kingdom)



A Large Ion Collider Experiment



```

File Edit Options Buffers Tools C Help
AliFemtoESDTrackCut.cxx AliFemtoEventReaderESDChain.h AliFemtoTrack.h AliFemtoEventReaderESDChain.cxx
#include <list>

#include "AliESDpid.h"

class AliFemtoEvent;

class AliFemtoEventReaderESDChain : public AliFemtoEventReader
{
public:
    enum TrackType {kGlobal=0, kTPCOnly=1, kITSONly=2, kSPDTracklet=3};
    typedef enum TrackType ReadTrackType;

    enum EventMult {kTracklet=0, kITSTPC=1, kITSPure=2, kGlobalCount=3, kSPDLayer1=4, kv0Centrality=5, kReferenceITSSA=7, kReferenceTracklets=8 };
    typedef enum EventMult EstEventMult;

    AliFemtoEventReaderESDChain();
    AliFemtoEventReaderESDChain(const AliFemtoEventReaderESDChain& aReader);
    ~AliFemtoEventReaderESDChain();

    AliFemtoEventReaderESDChain& operator=(const AliFemtoEventReaderESDChain& aReader);

    AliFemtoEvent* ReturnHbtEvent();
    AliFemtoString Report();
    void SetConstrained(const bool constrained);
    void SetReadTPCInner(const bool readinner);
    void SetUseTPCOnly(const bool usetpconly);

    virtual void CopyESDtoFemtoV0(AliESDv0 *tESDv0, AliFemtoV0 *tFemtoV0, AliESDEvent *fESDevent);
    void SetReadV0(bool a);
    void GetGlobalPositionAtGlobalRadiiThroughTPC(AliESDtrack *track, Float_t bfield, Float_t globalPositionsAtRadii);
    void SetMagneticFieldSign(int s);

    void SetUsePhysicsSelection(const bool usephysics);
    void SetUseMultiplicity(EstEventMult aType);
    void SetEventTrigger(UInt_t eventtrig); //trigger

    bool GetConstrained() const;
    bool GetReadTPCInner() const;
    bool GetUseTPCOnly() const;

    void SetReadTrackType(ReadTrackType aType);

    void SetESDSource(AliESDEvent *aESD);
    // void SetESDfriendSource(AliESDfriend *aFriend);
    void SetESDpid(AliESDpid *esdPid) { fESDpid = esdPid; }
protected:

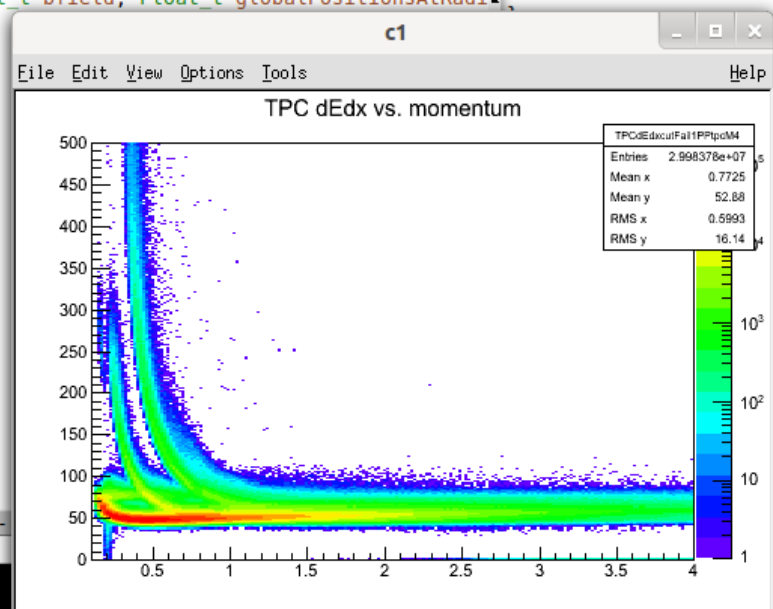
private:

```

```

wfpw@lambda: /opt/alice/workdir/DEtaDPHI/
Plik Edycja Widok Wyszukiwanie Terminal Karty Pomoc
wfpw@lambda: /opt/alice/workdir/TestConfig/pp_A... x wfpw@lambda: /c
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass5PIpPItpcM2;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail5PIpPItpcM2;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass6PIpPItpcM2;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail6PIpPItpcM2;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass1PPtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail1PPtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass2aPaPtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail2aPaPtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass1PaPtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail1PaPtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass2PaPtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail2PaPtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass3KpKtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail3KpKtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass4KmKtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail4KmKtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass3KpKmtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail3KpKmtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass4KpKmtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail4KpKmtpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass5PIpPItpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail5PIpPItpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass5PIpPItpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail5PIpPItpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutPass6PIpPItpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
KEY: TH2D TPCdEdxcutFail6PIpPItpcM4;1 TPC dEdx vs. momen
root [19] TPCdEdxcutFail1PPtpcM4->Draw("colz")
root [20]

```



```

imost = 2;
== 3) { // Looking for kaons
erP, track->NSigmaTPCK(), track->NSi
== 4) { // proton nsigma-PID requir
innerP, track->NSigmaTPCP(), track->N
p++)
max) { ipidmax = tMost[ip]; imost =
) {
4% L338 SVN:59058 (C++/l Abbrev)--

```

A person wearing a white hard hat with a headlamp, a dark jacket, and a blue lanyard stands in the center of a large, industrial facility. The walls are painted a bright orange color. The background is filled with complex machinery, including pipes, cables, and structural beams. The lighting is warm and yellowish. The person is smiling and looking towards the camera. Overlaid on the image are three lines of white text.

Thank you!

lgraczyk@cern.ch

lukasz.graczykowski@pw.edu.pl

Medical scanners



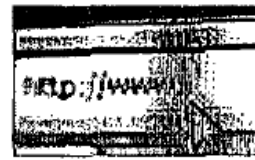
Cern has been at the forefront of the technology behind PET and MRI medical imaging machines since building prototype scanners with Geneva's hospital in the 1970s. Electronics developed for Cern's atom-smashing Large Hadron Collider are offering fresh promise of combined PET/MRI scanners that would provide more detailed images of the human body.

Touch screens



More than three decades before the technology became ubiquitous, the first touch screen control pad was developed at Cern in the 1970s by Bent Stumpe, a Danish engineer. He had been asked to come up with a system to replace the thousands of buttons, knobs and switches needed to operate Cern's Super Proton Synchrotron particle accelerator.

World wide web



Tim Berners-Lee developed the world wide web in 1989 as part of a Cern project to improve information sharing between its network of 8,000 scientists working in universities and institutes around the world. The achievement was celebrated in Mr Berners-Lee's appearance in the opening ceremony of the London Olympics.

Greater commercial returns sought from Cern

By Andrew Bounds, North of England Correspondent

Britain is spearheading an effort to extract bigger commercial returns from the \$8bn invested by the world's governments in Cern, the European physics research laboratory.

Cern is best known as home to the Large Hadron Collider, the most powerful atom smasher, where scientists in July discovered the Higgs boson "God particle", which explains matter.

Its research also helped create the world wide web and MRI scanning since its inception in 1954.

Yet, the UK believes more can be done to harness commercial value.

"We want to get technology from inside the ivory tower into the economy,"

says John Womersley, chief executive of the Science and Technology Facilities Council, the UK research body. "Cern understands this is something it needs to get better at."

Cern and the STFC are opening a competition this week for five companies to receive funding and technical help from scientists at the laboratory near Geneva.

Prof Womersley said the collaboration would help develop findings from Cern's atom-smasher in a way that "can impact on people's lives".

He said small companies were often best at exploiting new technology, noting how touch screens were first used at Cern but not commercialised by it.

Winning companies will receive £40,000 funding, up

to 40 hours technical support from Cern and 40 hours from the STFC, access to intellectual property at preferential rates and cheap incubator space at Sci-Tech Daresbury, the council's innovation campus near Warrington.

Paul Vernon, head of campus development at STFC, said possible spin-

offs could include airport security scanners - as Cern has developed technology to detect radiation - or treatments for conditions such as osteoporosis. But he added: "It is as likely to be something we didn't expect. That is why we are opening it up to these innovative companies."

Winning companies will

also be able to collaborate with universities from Liverpool and Manchester as well as the 100 or so other businesses on the Daresbury site, which include IBM and Dell.

The STFC contributes £100m a year to Cern, a sixth of the council's budget. UK companies receive about £15m annually in contracts in return.

Steve Myers, Cern's director of accelerators and technology, said: "Cern is committed to maximising the benefit to society of Cern technology through the development and exploitation of innovative ideas."

The STFC's Rainbow venture capital fund could also become involved.

STFC Innovations, the commercialisation company, has created more

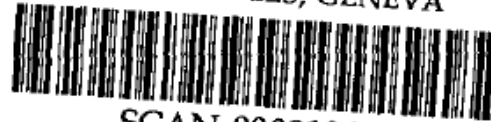
than 16 spinouts worth £50m.

The STFC is collaborating with the European Space Agency on a similar model. There are some 15 businesses at its Harwell campus near Oxford, including Radius Health, which is working on a portable X-ray machine that could be used by paramedics at accident scenes. Another company is working on a drone that can map the condition of crops and then network with a tractor's GPS system to ensure the right amount of fertiliser is spread in the right place.

The space agency has seven technology transfer centres across Europe and Cern hopes to follow suit. The competition is open to companies from the 20 countries that pay for Cern.

Technology and trophies

£40,000 Funding winning companies will receive	£100m Sum the STFC contributes to Cern each year
40hrs Technical support from Cern winners will receive	£15m Value of Cern contracts UK companies receive annually



PRELIMINARY PERFORMANCE ESTIMATES FOR A LEP PROTON COLLIDER

S. Myers and W. Schnell

1. Introduction

This analysis was stimulated by news from the United States where very large $p\bar{p}$ and pp colliders are actively being studied at the moment. Indeed, a first look at the basic performance limitations of possible $p\bar{p}$ or pp rings in the LEP tunnel seems overdue, however far off in the future a possible start of such a p-LEP project may yet be in time. What we shall discuss is, in fact, rather obvious, but such a discussion has, to the best of our knowledge, not been presented so far.

We shall not address any detailed design questions but shall give basic equations and make a few plausible assumptions for the purpose of illustration. Thus, we shall assume throughout that the maximum energy per beam is 8 TeV (corresponding to a little over 9 T bending field in very advanced superconducting magnets) and that injection is at 0.4 TeV. The ring circumference is, of course that of LEP, namely 26,659 m. It should be clear from this requirement of "Ten Tesla Magnets" alone that such a project is not for the near future and that it should not be attempted before the technology is ready.

Vague but exciting ...

26 lat temu ...

Tim Berners-Lee pisze słynny dokument, który stał się początkiem WWW (HTML)

W jego pierwszych akapitach pisze:

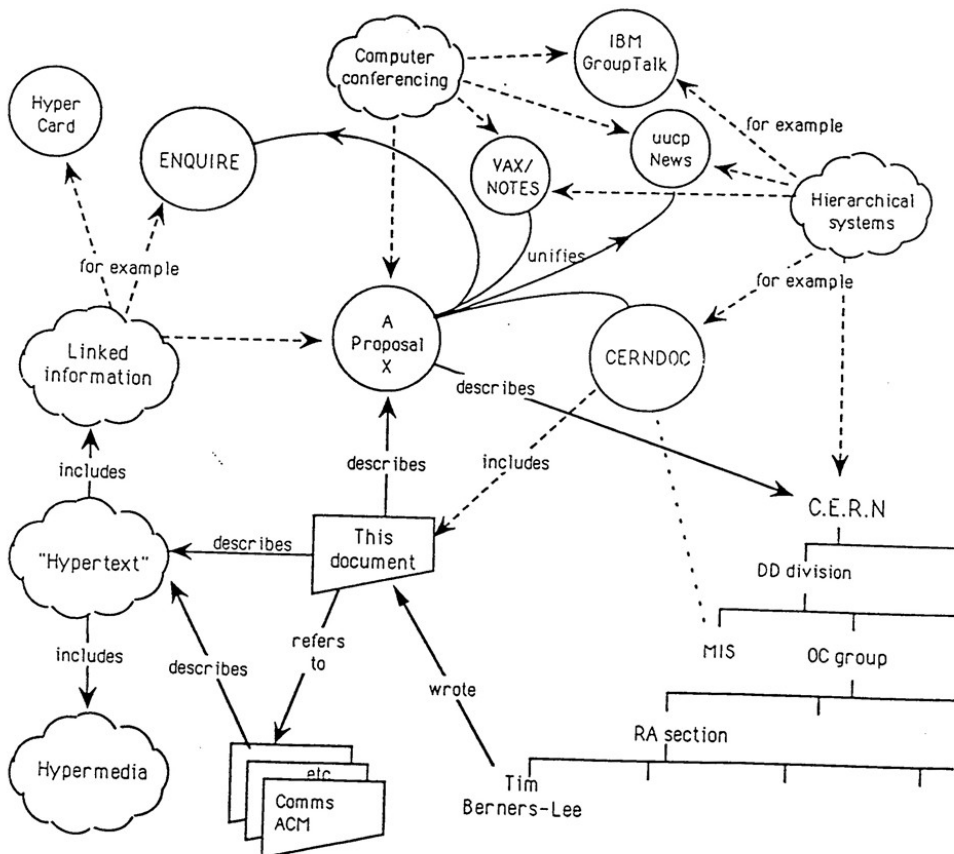
“Many of the discussions of the future at CERN **and the LHC era** end with the question - “Yes, but how will we ever keep track of such a large project?” This proposal provides an answer to such questions. Firstly, it discusses the problem of information access at CERN. Then, it introduces the idea of linked information systems, and compares them with less flexible ways of finding information.”

Information Management: A Proposal

Abstract

This proposal concerns the management of general information about accelerators and experiments at CERN. It discusses the problems of loss of information about complex evolving systems and derives a solution based on a distributed hypertext system.

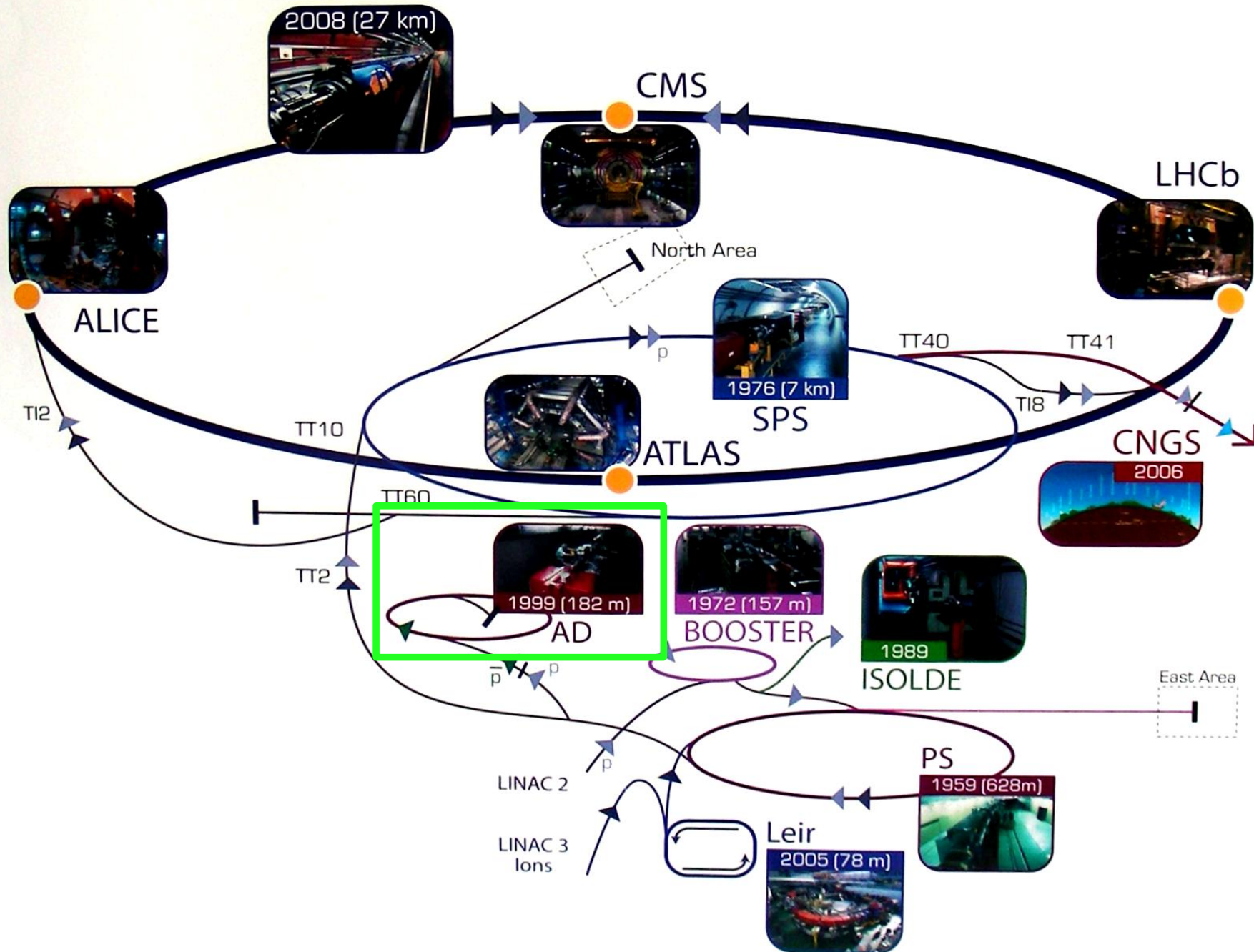
Keywords: Hypertext, Computer conferencing, Document retrieval, Information management, Project control





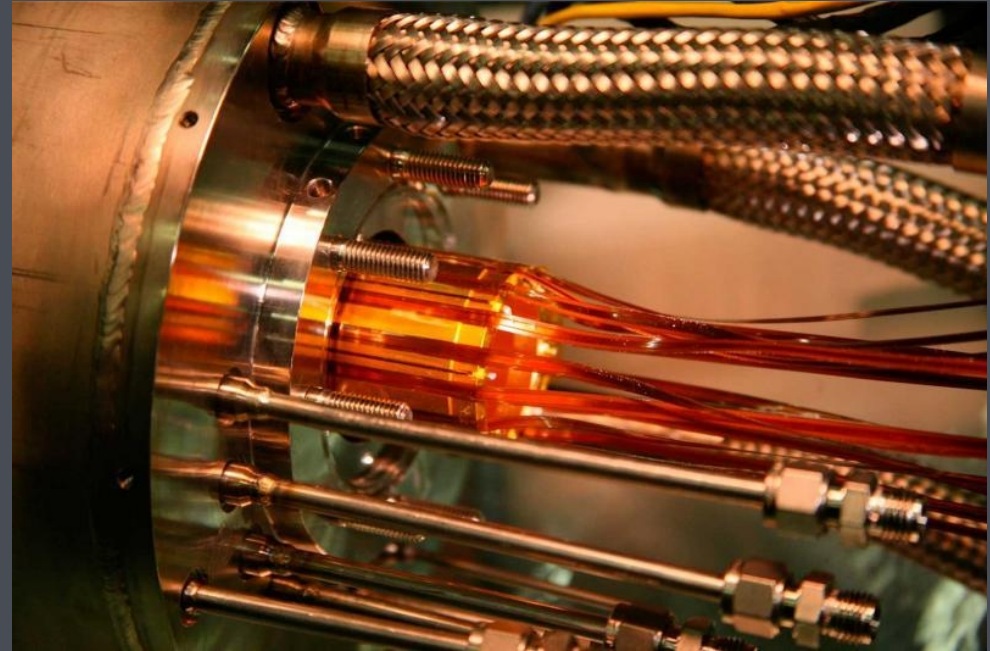
A czy mogą
istnieć pułapki
na antimaterię?

LHC = Lord of the Rings



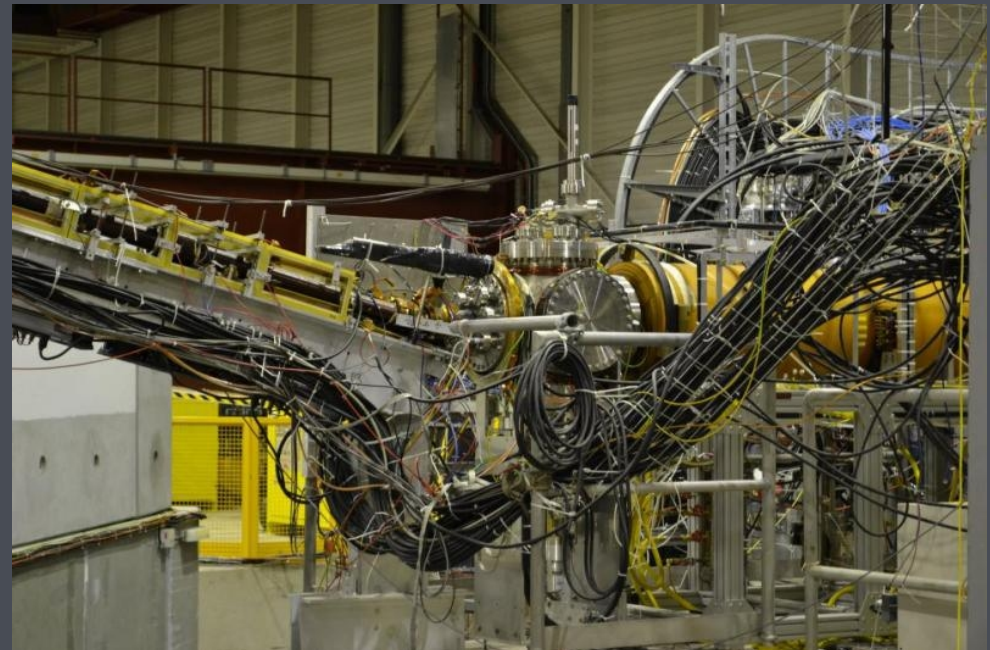
Układ akceleryjny w CERN

TAK!



ALPHA

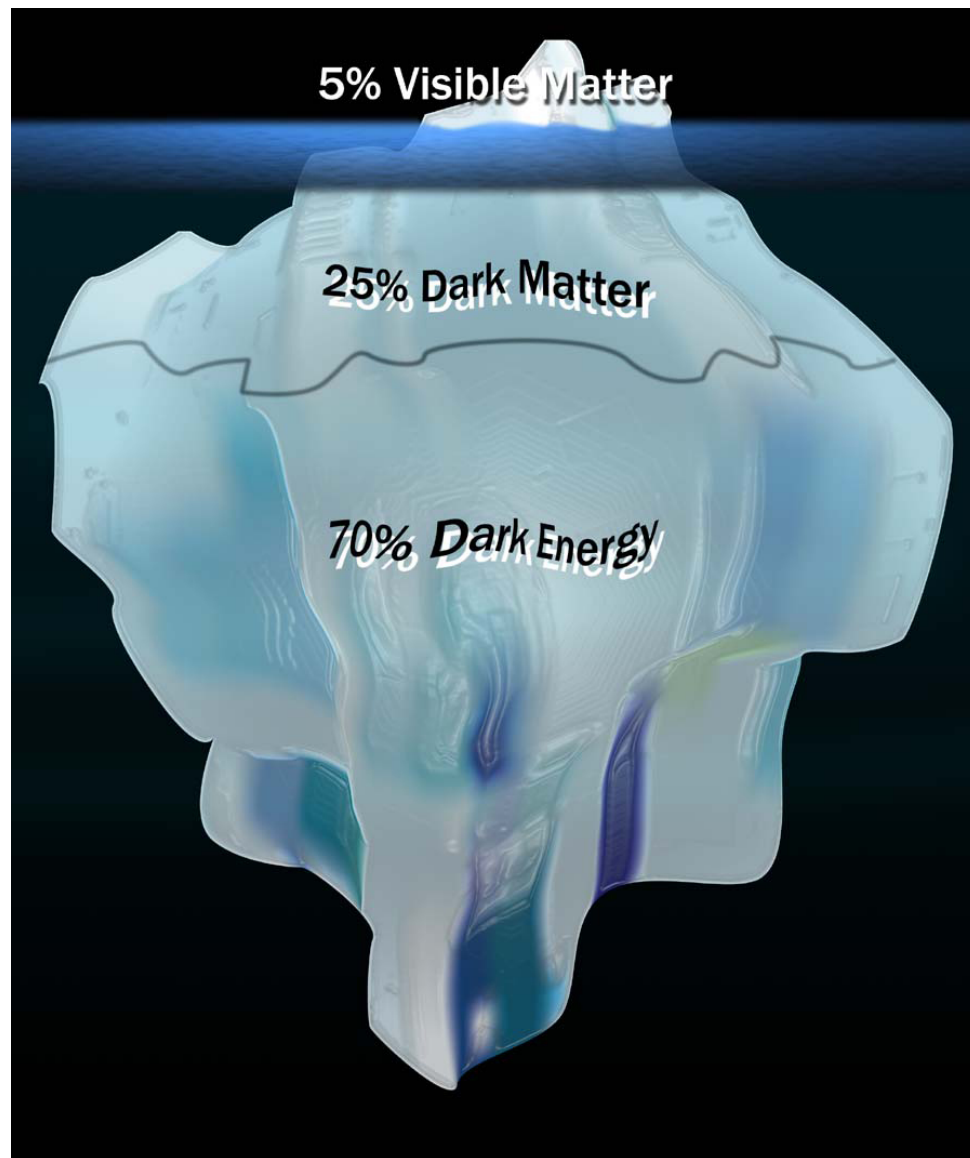
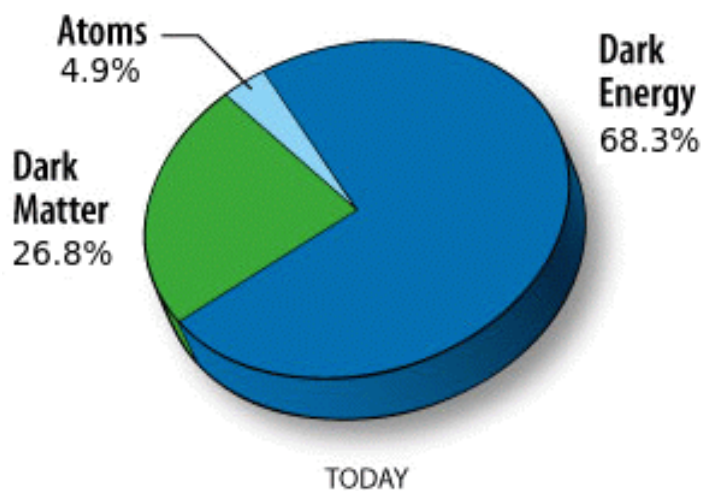
A czy mogą
istnieć pułapki
na antymaterię?



ATRAP

Problem ciemnej materii oraz ciemnej energii badają z kolei również eksperymenty ATLAS i CMS.

Czym jest ciemna energia i ciemna materia?



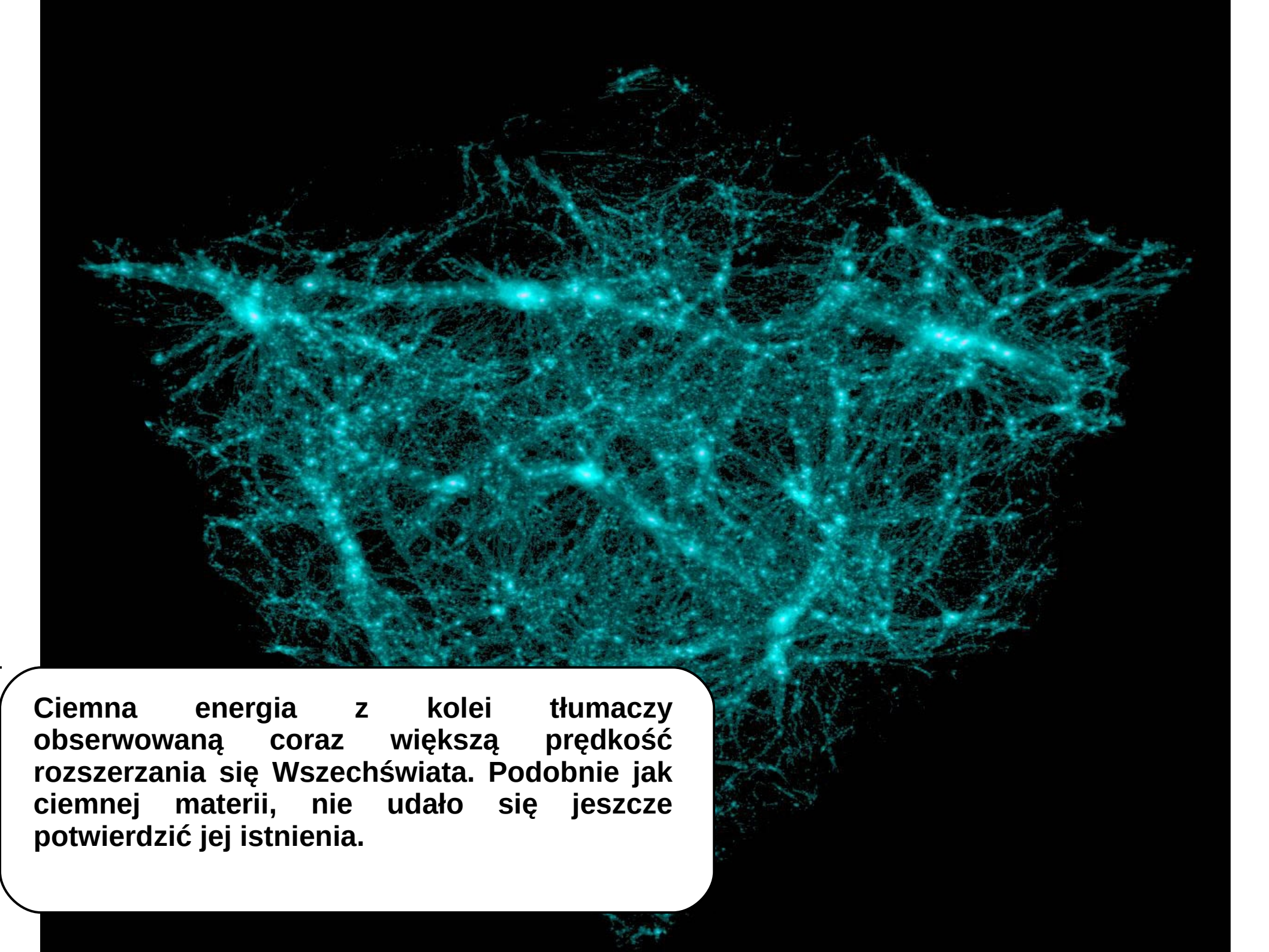
Problem ciemnej materii oraz ciemnej energii

Astronomowie od dawna obserwują ruchy gwiazd i galaktyk na niebie, a od kilkudziesięciu lat coraz lepiej widzą, że obserwacje te są sprzeczne ze znanymi nam prawami fizyki (m. in. obracają się za szybko, a grawitacja od widzalnych obiektów jest niewystarczająca, by je utrzymać w całości: wszystko powinno się rozpaść).


Prawa fizyki można „uratować” jeśli założymy, że we Wszechświecie znajduje się ogromna ilość materii innej niż ta, którą znamy – materii niezbudowanej z atomów, nieoddziałującej ze światłem, a więc ciemnej – !

The background of the slide is a deep space image showing a vast field of stars and galaxies. The stars are of various colors, including yellow, white, blue, and red. Some galaxies are visible as faint, elongated structures. In the bottom right corner, there is a white horizontal scale bar with the number '1.5' below it, indicating a scale of 1.5 arcminutes.

1.5'



Ciemna energia z kolei tłumaczy obserwowaną coraz większą prędkość rozszerzania się Wszechświata. Podobnie jak ciemnej materii, nie udało się jeszcze potwierdzić jej istnienia.

The background is a rich, multi-colored starfield. It features a gradient of colors from deep blue and purple on the left to bright orange and yellow on the right. Numerous stars of various sizes and colors (white, yellow, orange, red, green, blue) are scattered across the field, some with prominent diffraction spikes. A central white text box with rounded corners and a thin black border contains the main text.

Dzięki poszukiwaniom w LHC nowych, ciężkich cząstek, słabo oddziałujących ze zwykłą materią, być może będziemy w stanie przybliżyć się do rozwiązania tej zagadki.

A czy „zwykłemu człowiekowi” to się na coś przyda?

- nowe materiały,
- nowe technologie,
- nowe urządzenia pomiarowe,
- zastosowania w medycynie,
- zastosowania w komunikacji,
- zastosowania w energetyce,
- zastosowania w ochronie środowiska
- ...

CERN i LHC

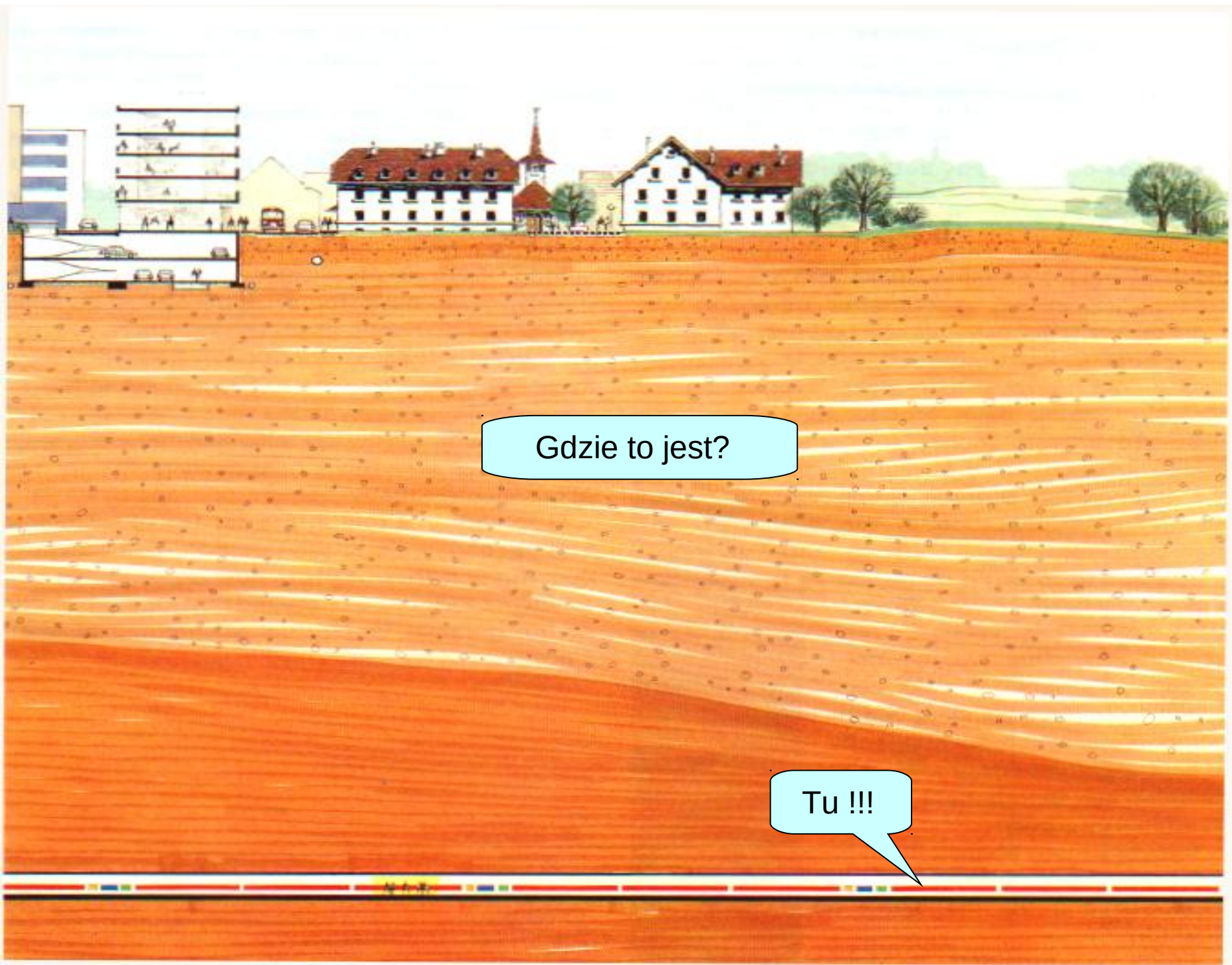
Jeziro
Genewskie

Lotnisko
w Genewie

tunel LHC
(długość 27 km,
ok. 100m

pod ziemią (technicznie)

CERN/Meyrin



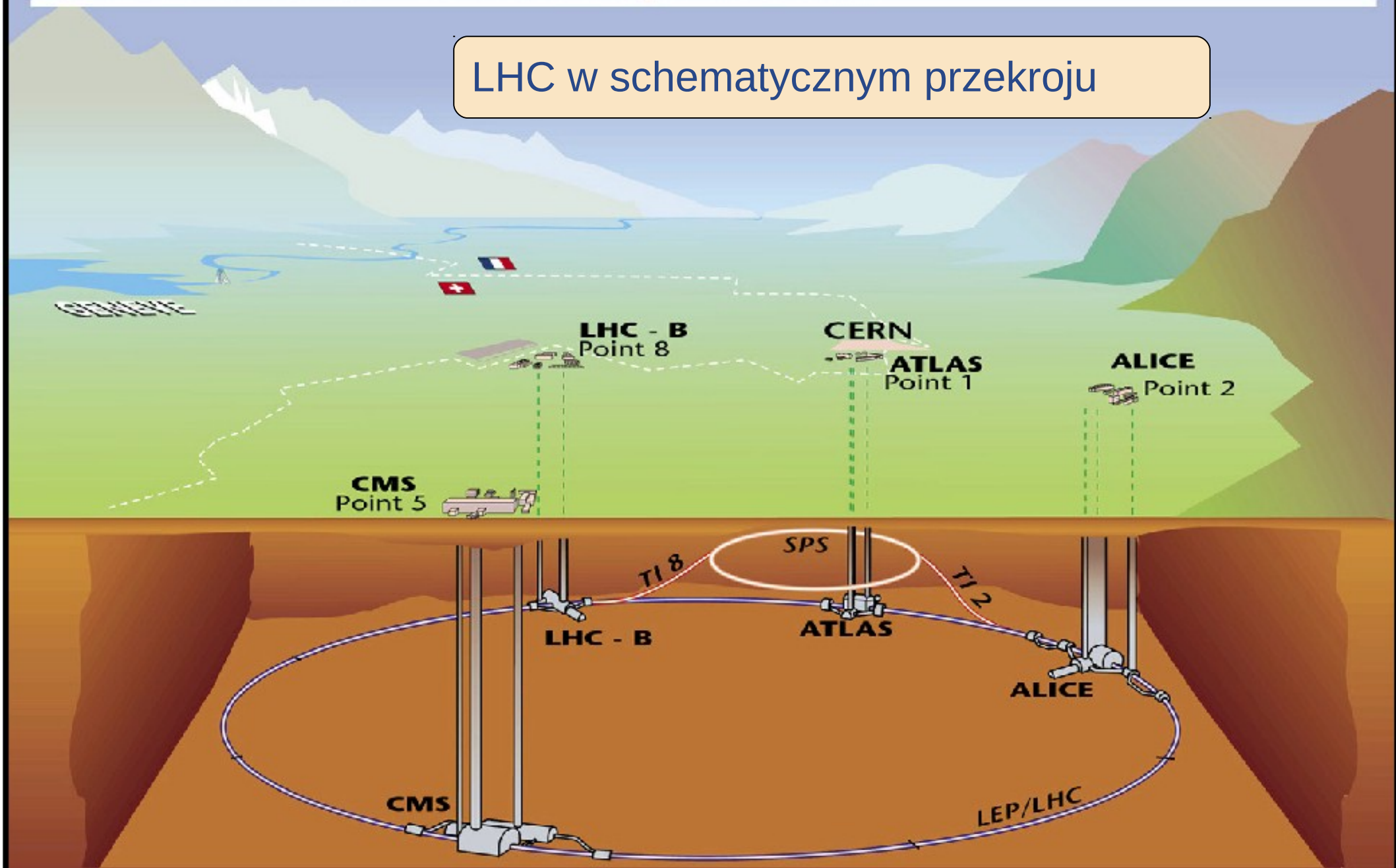
Gdzie to jest?

Tu !!!

ok.
100m

Overall view of the LHC experiments.

LHC w schematycznym przekroju



CERN/LHC - Large Hadron Collider
(Wielki Zderzacz Hadronów)

LHC, to prawdziwa księga rekordów Guinnessa

Głębokość tunelu akc.
 $H=100\text{m}$

W tych rurach krążą protony;
ich prędkość:

$$v=0.999999991c$$

$$\text{Energia: } E_p=7 \text{ TeV}$$

C – prędkość światła

Długość tunelu akceleratora
 $L=27\text{km}$

Próżnia
 $P=10^{-10} \text{ Tr}$

Temperatura
 $T=1.9 \text{ K} =$
 $-271.2 \text{ }^\circ\text{C}$

Magnesy nadprzewodzące:
Prąd elektryczny: $I=11\,700 \text{ A}$
Pole magnetyczne: $B=8.7 \text{ T}$

LHC, Large Hadron Collider - Wielki Zderzacz Hadronów



Technologie stworzone dla potrzeb CERN zostały wykorzystane w:

1. Medycynie

- diagnostyka: tomografia emisyjna PET, pozwalająca na badanie fizjologii organizmu, tomografia komputerowa CT,
- leczenie: terapia hadronowa umożliwiająca skuteczne leczenie głęboko położonych guzów.

2. Przemysle:

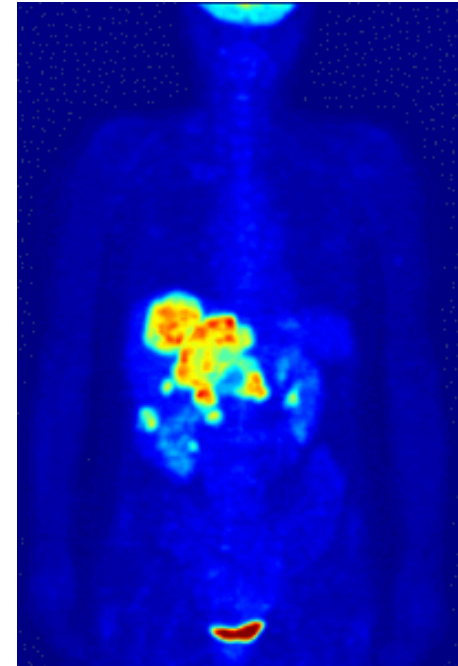
- opracowano technologię opartą na materiale zwanym getterem, który można zastosować do poprawy izolacji termicznej urządzeń gospodarstwa domowego (np. lodówki).

3. Środowisko:

- dzięki opanowaniu technologii wytwarzania ultrawysokiej próżni oraz łączenia szkła z metalem, płaskie próżniowe kolektory słoneczne przechodzą z fazy prototypu do sprzedaży, co stanowi znaczny postęp w wytwarzaniu energii ze źródeł odnawialnych.

4. Technologie informacyjne:

- oprócz WWW niedawno powstała światowa sieć komputerów GRID.





**KONIEC CZĘŚCI I
CIAĞ DALSZY NASTĄPI...**

Zawsze chętnie odpowiemy na pytania:

lgraczyk@cern.ch

majanik@cern.ch





Czego nie wiemy?

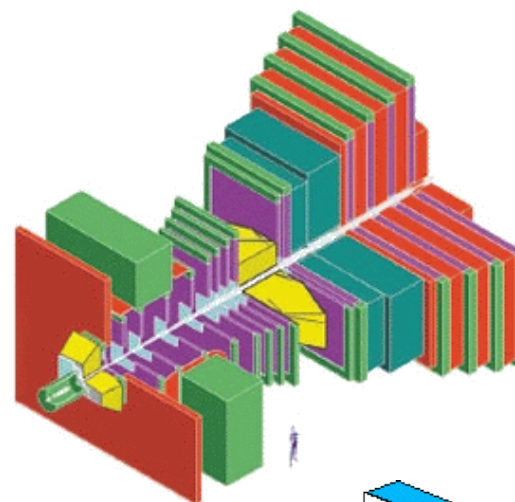


1. Jak formował się wczesny Wszechświat?
2. Jakie są własności kwarków w stanie swobodnym?
(Czym jest „plazma kwarkowo-gluonowa”?)
3. Skąd się biorą masy cząstek i czemu są takie – jakie są?
4. Czy istnieje bozon Higgsa?
5. **Gdzie się podziała antymateria?**
6. Gdzie i czym jest niewidoczna część Wszechświata?
(„ciemna materia i „ciemna energia”)
7. Czy istnieją „skryte” wymiary przestrzeni?
8. Czy istnieją cząstki „supersymetryczne”?
9. Wiele innych...

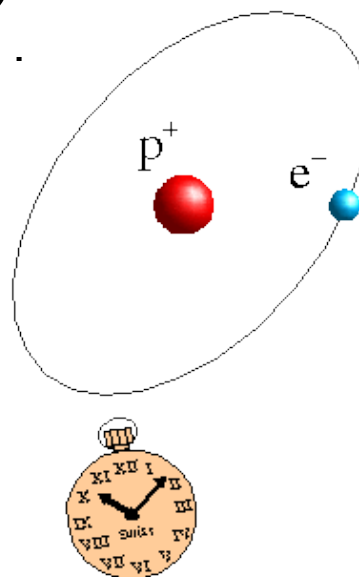


Kolejny problem, to materia i antymateria. Zrozumieć go próbuje eksperyment **LHCb**.

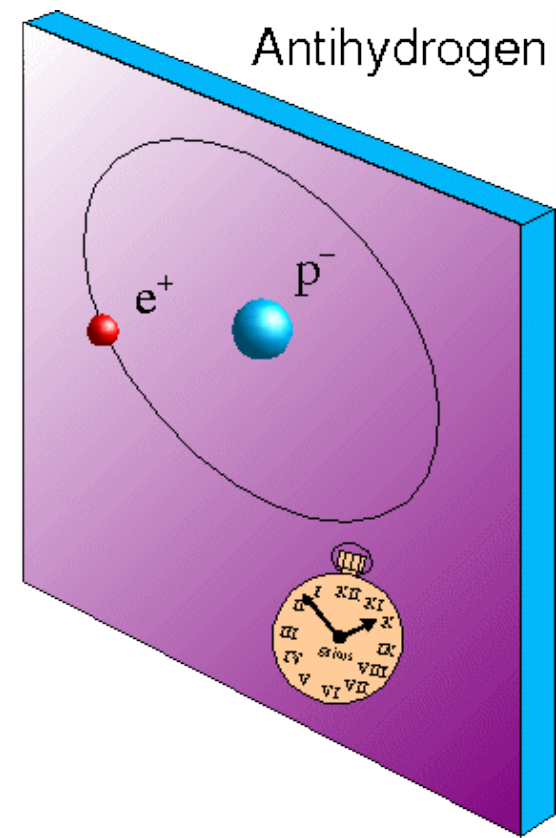
Na początku Wszechświat był zbudowany w równych proporcjach z materii i antymaterii. Gdyby podczas ewolucji Wszechświata materia i antymateria były swoim lustrzanym odbiciem unicestwiłyby się całkowicie, zostawiając jedynie energię. Dlaczego jednak część materii pozostała, tworząc galaktyki, Układ Słoneczny, naszą planetę i nas? LHC będzie badać, skąd bierze się ta niewielka różnica, jaka istnieje między materią i antymaterią.



Hydrogen



Antihydrogen





Czego nie wiemy?



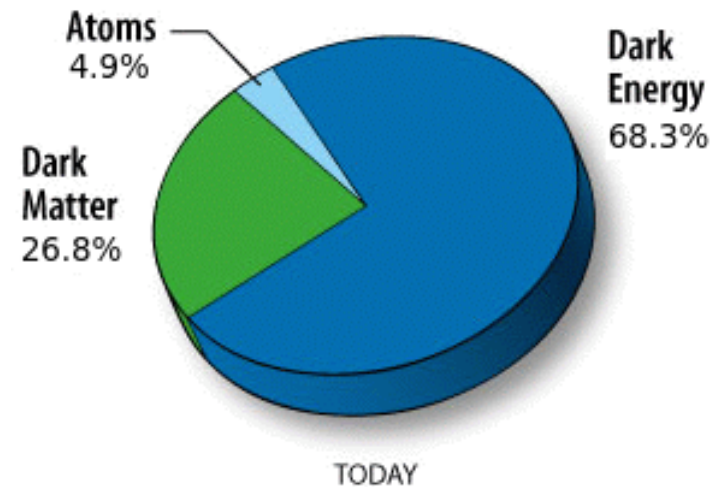
1. Jak formował się wczesny Wszechświat?
2. Jakie są własności kwarków w stanie swobodnym?
(Czym jest „plazma kwarkowo-gluonowa”?)
3. Skąd się biorą masy cząstek i czemu są takie – jakie są?
4. Czy istnieje bozon Higgsa?
5. Gdzie się podziała antymateria?
6. **Gdzie i czym jest niewidoczna część Wszechświata?**
(„ciemna materia i „ciemna energia”)
7. Czy istnieją „skryte” wymiary przestrzeni?
8. Czy istnieją cząstki „supersymetryczne”?
9. Wiele innych...



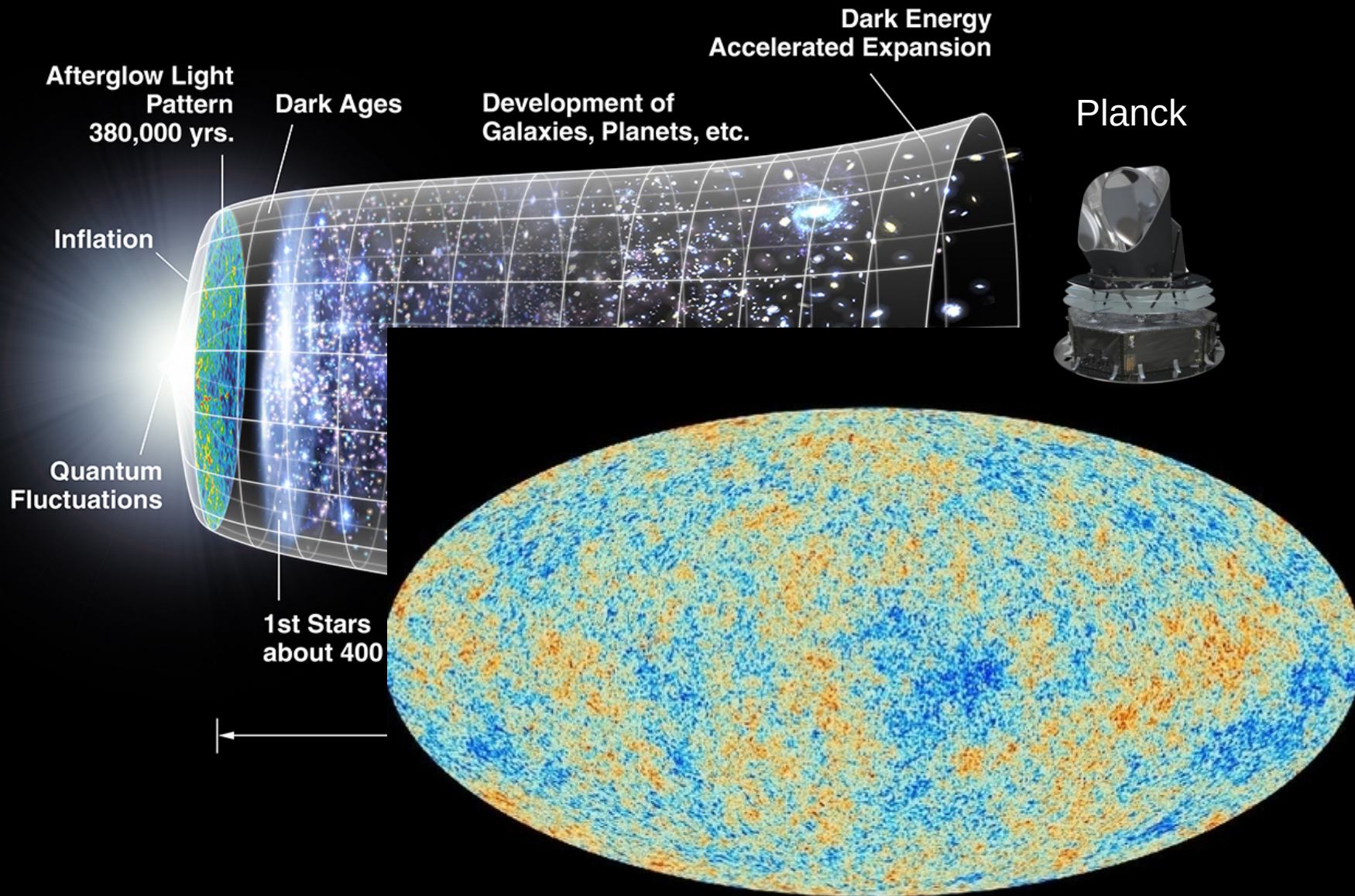
Problem ciemnej materii oraz ciemnej energii badają z kolei również eksperymenty ATLAS i CMS.

Astronomowie od dawna obserwują ruchy gwiazd i galaktyk na niebie, a od kilkadziesiąt lat coraz lepiej widzą, że obserwacje te są sprzeczne ze znanymi nam prawami fizyki. Prawa fizyki można „uratować” jeśli założymy, że we Wszechświecie znajduje się ogromna ilość materii innej niż ta, którą znamy – materii niezbudowanej z atomów, nieoddziałującej ze światłem, a więc ciemnej. Dzięki poszukiwaniom w LHC nowych, ciężkich cząstek, słabo oddziałujących ze zwykłą materią, być może będziemy w stanie przybliżyć się do rozwiązania tej zagadki.

Ciemna energia z kolei tłumaczy obserwowaną coraz większą prędkość rozszerzania się Wszechświata. Podobnie jak ciemnej materii, nie udało się jeszcze potwierdzić jej istnienia.



Granica poznania: promieniowanie tła



1978 - Nagroda Nobla (Penzias, Wilson)

Jaki jest przepis na przyrodę?

Przyroda na najniższym poziomie opisywana jest tzw. **Modelem**

Standardowym (SM):

- Cząstki elementarne – cegiełki budujące materię (fermiony i bozony)
- Trzy oddziaływania (z czterech) opisujące dynamikę cząstek elementarnych (słabe, silne oraz elektromagnetyczne)

Model Standardowy **nie zawiera** w sobie **gravitacji** opisanej przez Ogólną Teorię Względności Alberta Einsteina.

Po potwierdzeniu **odkrycia bozonu Higgsa** w 2013 r. (o tym później) SM nazywany jest „teorią prawie wszystkiego (theory of almost everything)”.

