



# Wprowadzenie do CERN - Mecca dla fizyków



Andrzej SIEMKO, CERN, Departament Technologii Akceleratorów

# Plan wykładu

- CERN – trochę historii
- Kompleks akceleratorów w CERN
- Misja i zadania CERN
- Jakie są główne osiągnięcia naukowe CERN
- Kto pracuje w CERN
- Polska w CERN

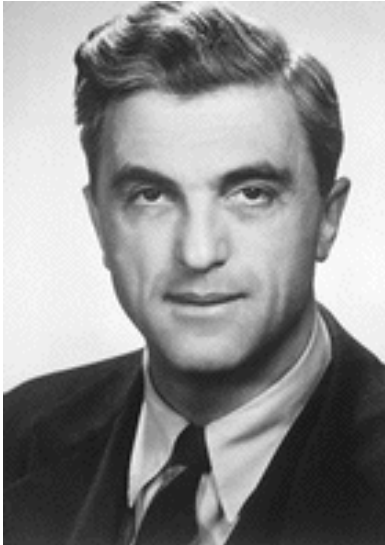
# Trochę historii

## Jak powstał CERN

Na przełomie lat 40-tych i 50-tych grupa znamienitych naukowców i polityków przedstawiła ideę odbudowy europejskiej nauki poprzez współpracę międzynarodową.

- Inicjatywa środowiska fizyków:
  - Zjednoczenie środowiska fizyków europejskich by być konkurencyjnym względem USA, zwłaszcza w zakresie dużych urządzeń badawczych
    - Pierwsza propozycje wysunął w 1949 [Louis de Broglie](#)
    - E. Amaldi, P. Auger, L. Kowarski, F. Perrin  
1950 raport Kowarskiego o potrzebie utworzenia międzyrządowego centrum, „wyłącznie naukowego“
- Inicjatywa polityczna:
  - Ruch europejski
    - European Cultural Conference, Lausanne 8-12 grudzien 1949
    - Idea zbliżenia Europejczyków po wojnie

# CERN – Trochę historii



Felix Bloch

Pierwszy dyrektor CERN

Porozumienie dla utworzenia

**“Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire”**

zostało podpisane przez 11 krajów 15 lutego 1952

Konwencja nabrała mocy po ratyfikacji (pod auspicjami UNESCO) przez 7 pierwszych państw, co nastąpiło

**29 września 1954**



Uroczystość wmurowania  
kamienia węgielnego

- ◆ CERN stał się organizacją międzynarodową
- ◆ **Europejska Organizacja Badan Jądrowych - CERN**

# CERN - Struktura Decyzyjna

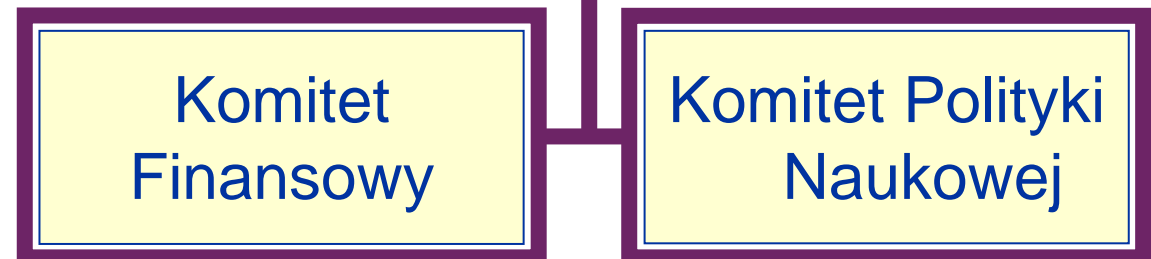
## Rada CERN

- Odpowiada za politykę naukową, budżet, aprobuje programy, działalność, wydatki; decyzje większością ale zwykle przez konsensus; przewodniczący – prof. Eliezer Rabinovici; po dwóch przedstawicieli z każdego z krajów członkowskich



## Ciała doradcze:

- Komitet Polityki Naukowej; daje rekomendacje; członkowie nie muszą być z krajów członkowskich,
- Komitet Finansowy; delegaci rządów krajów członkowskich; nadzór nad finansami

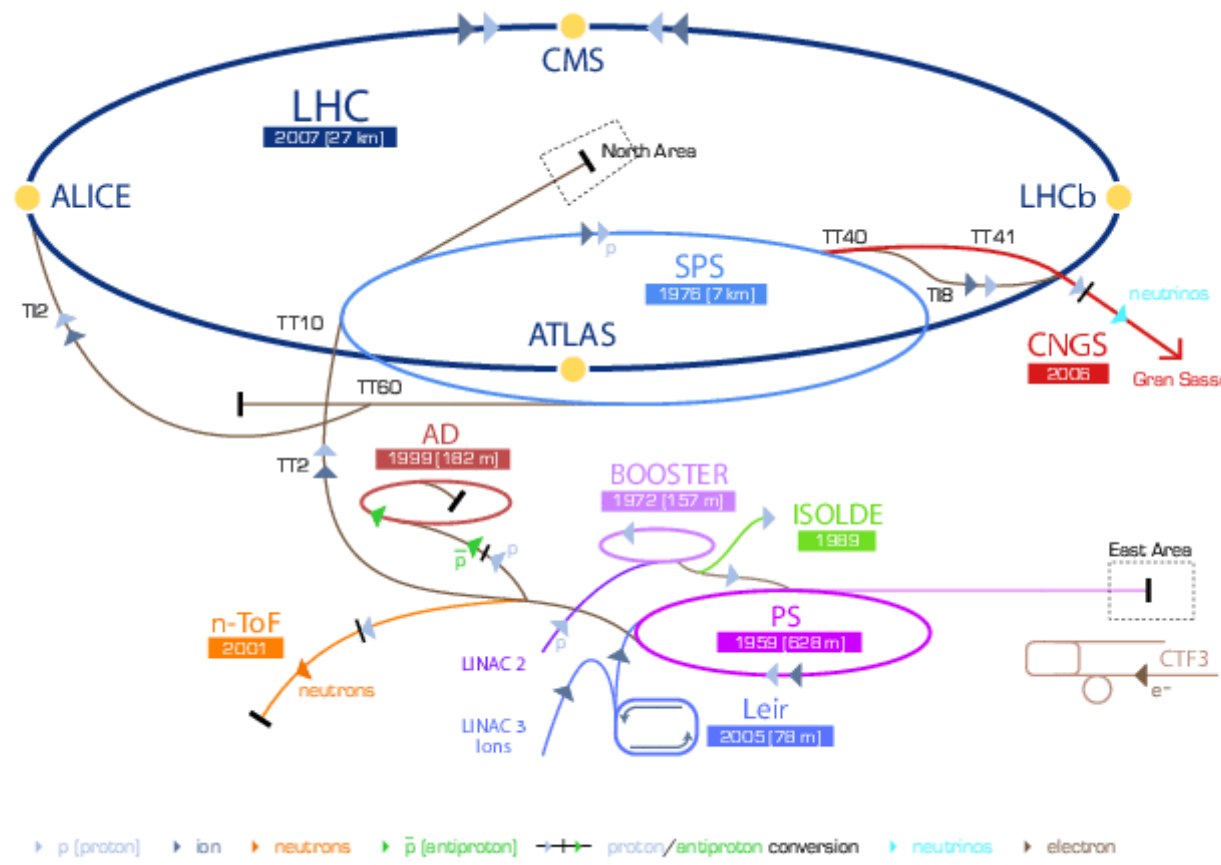


# Kompleks akceleratorów w CERN

Akceleratory są to wielkie urządzenia badawcze służące do przyspieszania cząstek do prędkości bliskiej prędkości światła oraz do późniejszego ich zderzania z innymi cząstkami.

- Zespół akceleratorów w CERN jest największy i najbardziej uniwersalny na świecie. W jego skład wchodzi zarówno akceleratory (przyspieszacze), dezakceleratory (spowalniacze) jak i zderzacze (kolizjonery) cząstek elementarnych.
- Wykorzystywane są wiązki elektronów, pozytonów, protonów, antyprotonów a także "ciężkich jonów" (jąder atomów takich jak tlen, węgiel, siarka lub ołów).

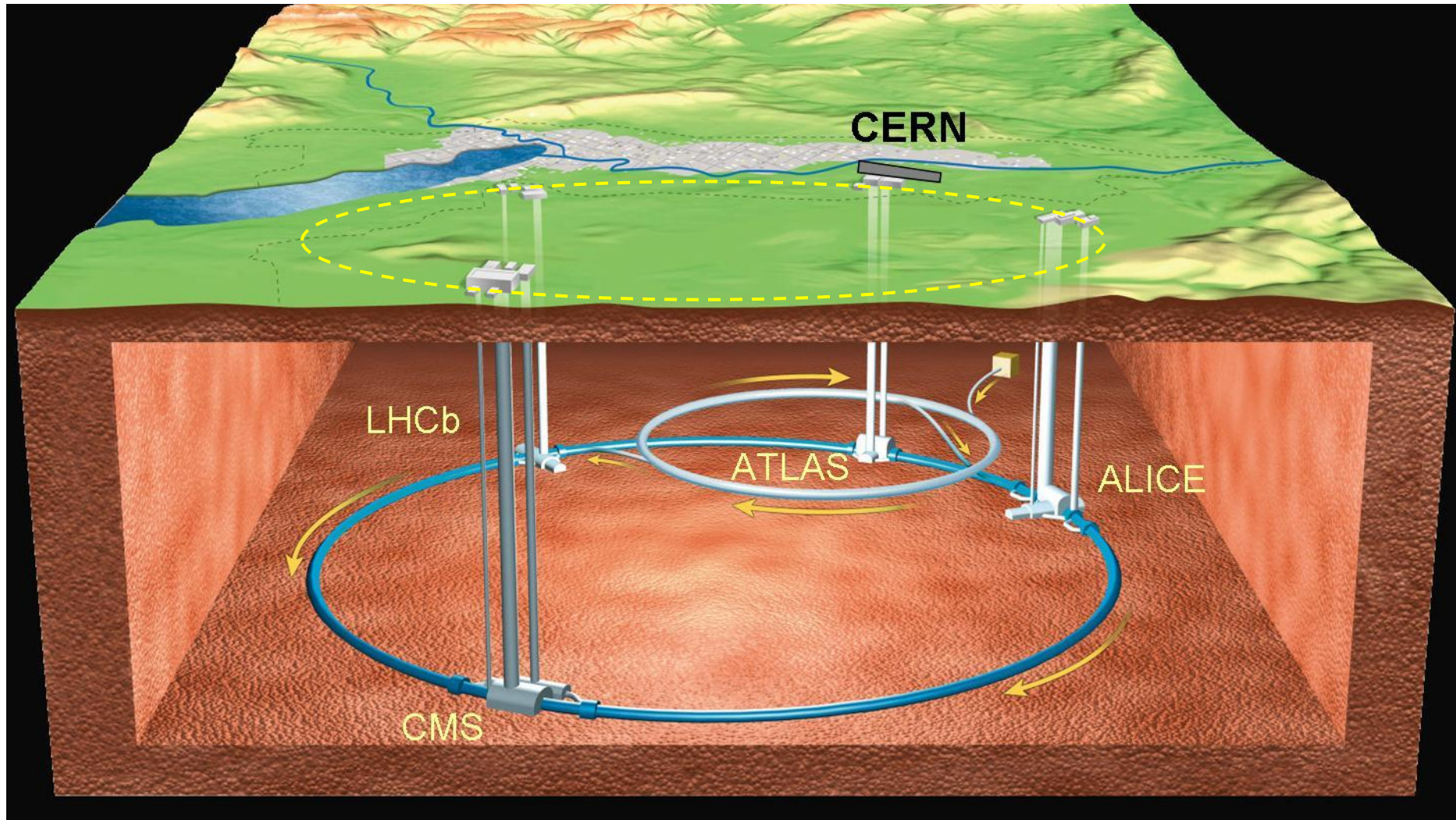
# CERN – najbardziej zaawansowany kompleks akceleratorowy na świecie



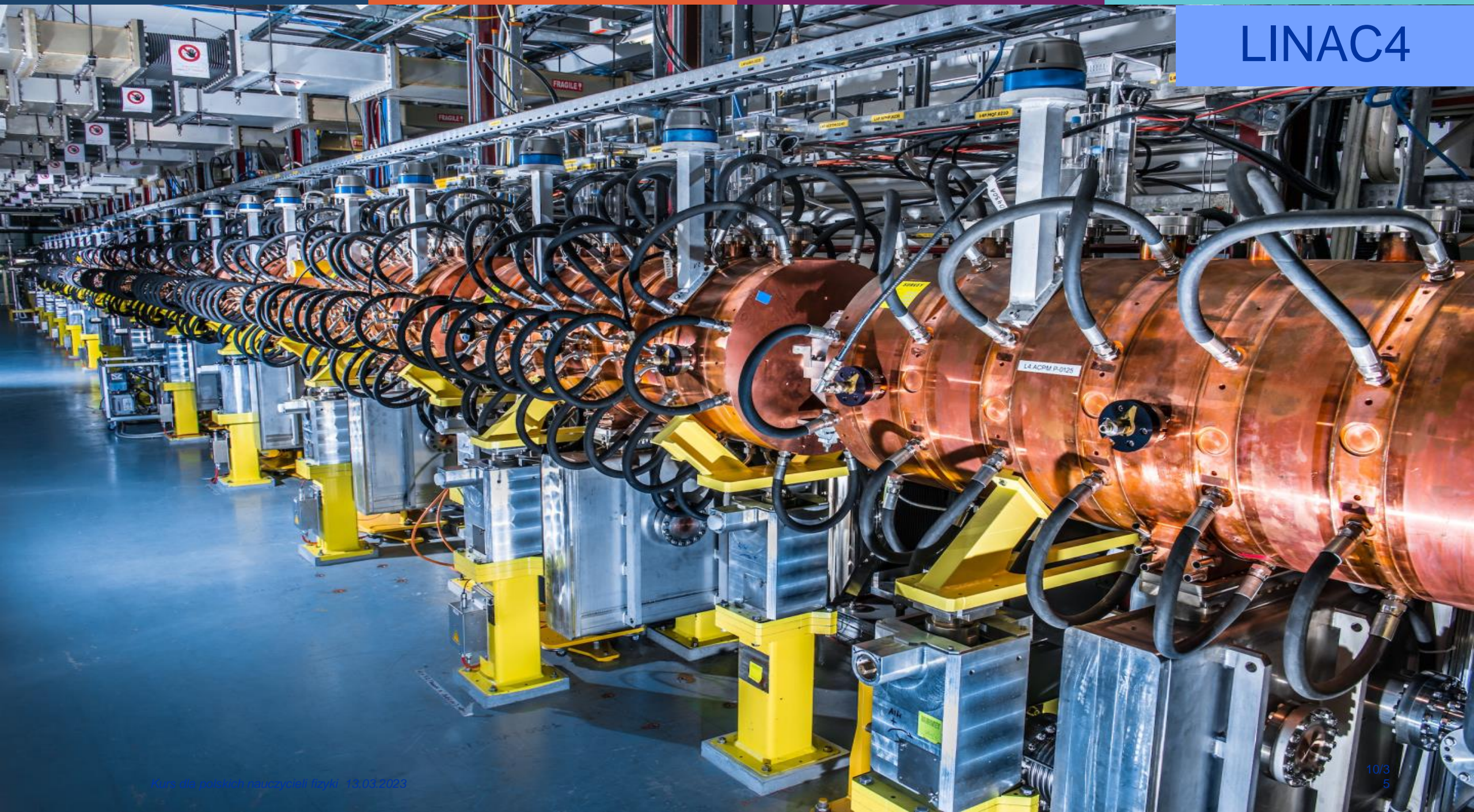


# Kompleks Akceleratorów w CERN

## Schemat tuneli LHC i SPS



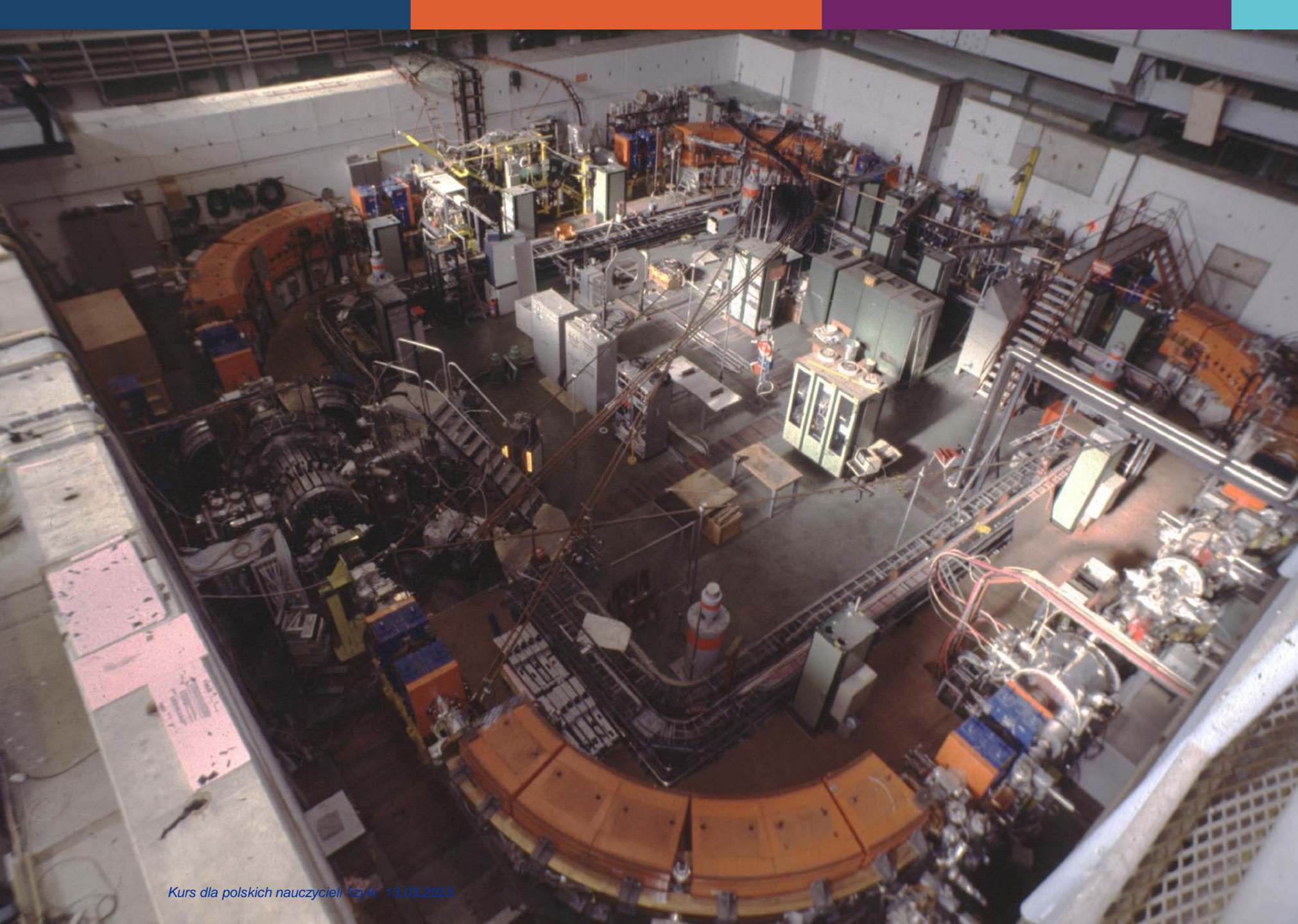
# LINAC4

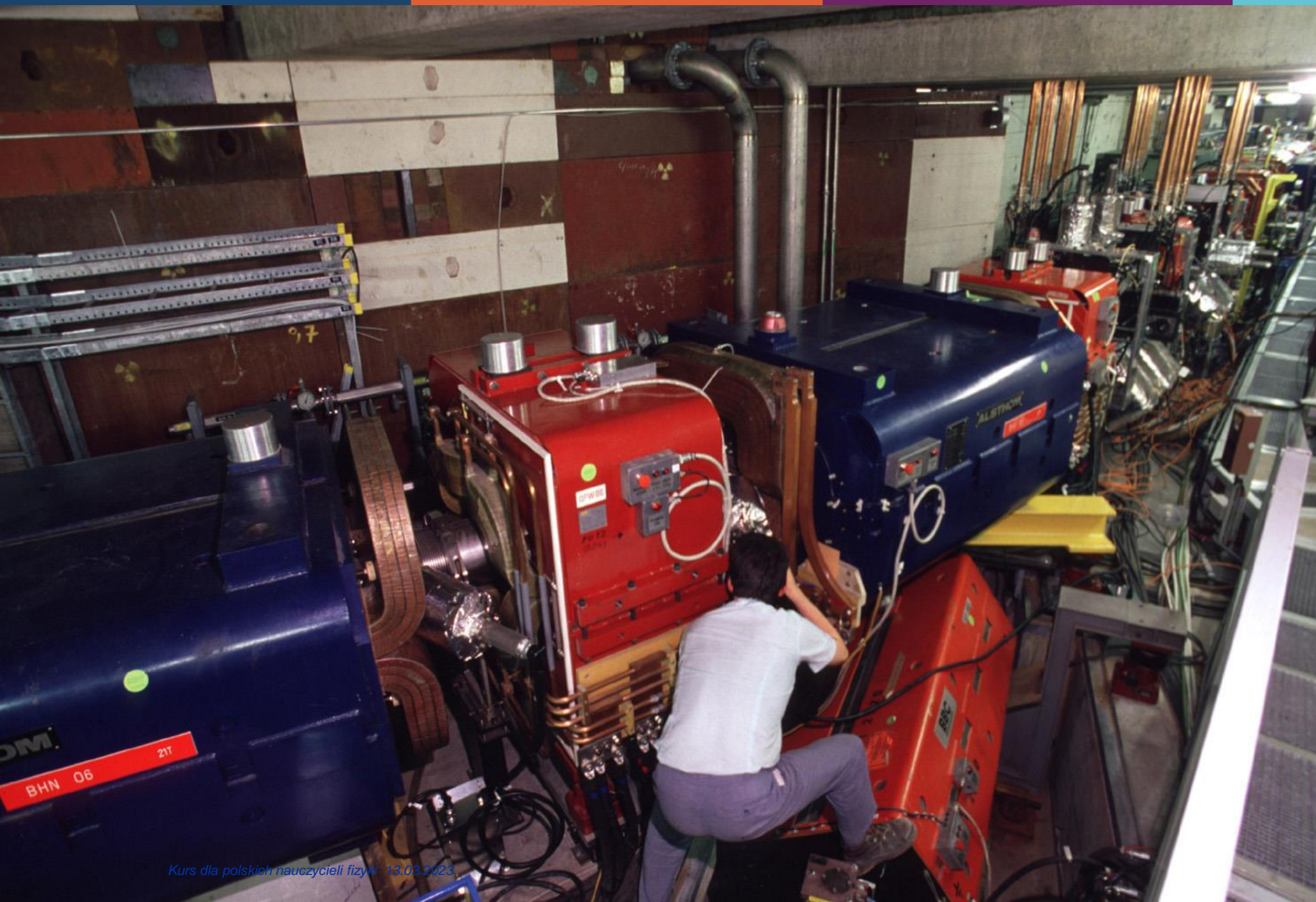


# PS Booster











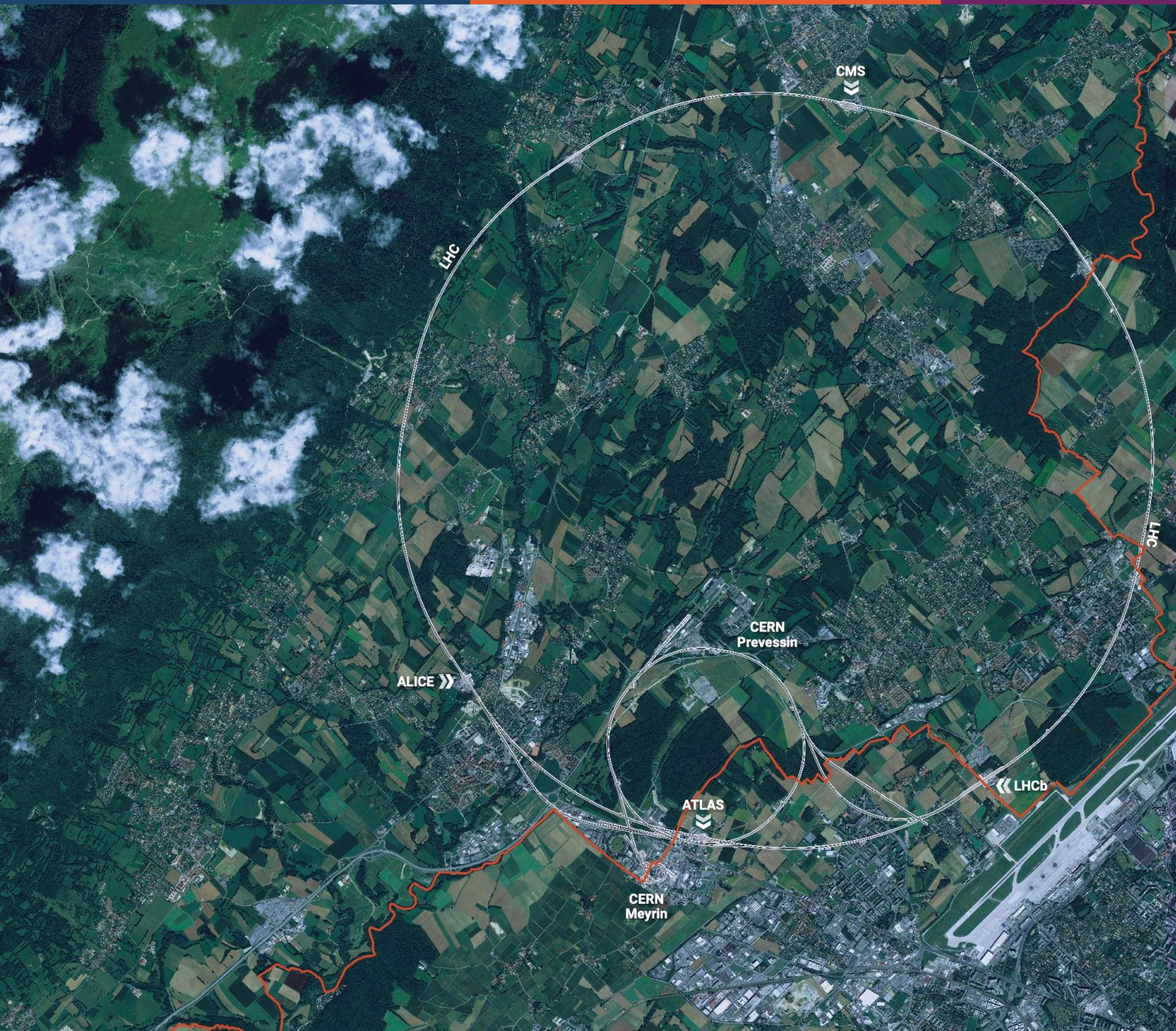




# Misja i zadania CERN

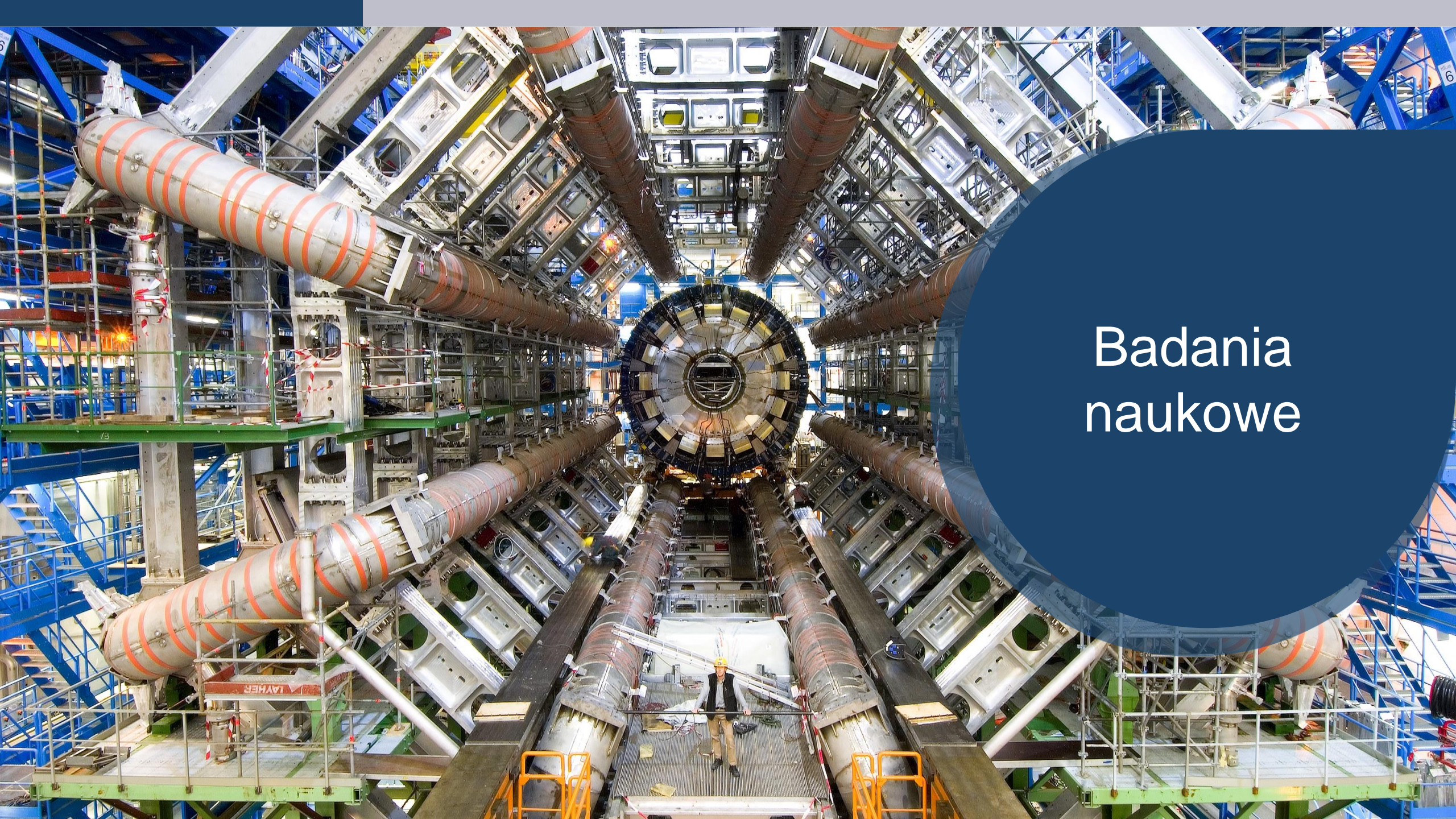
CERN to największe na świecie laboratorium fizyki cząstek elementarnych.

Naszym celem jest poznanie najbardziej fundamentalnych cząstek i praw wszechświata.



# Cztery filary misji CERN

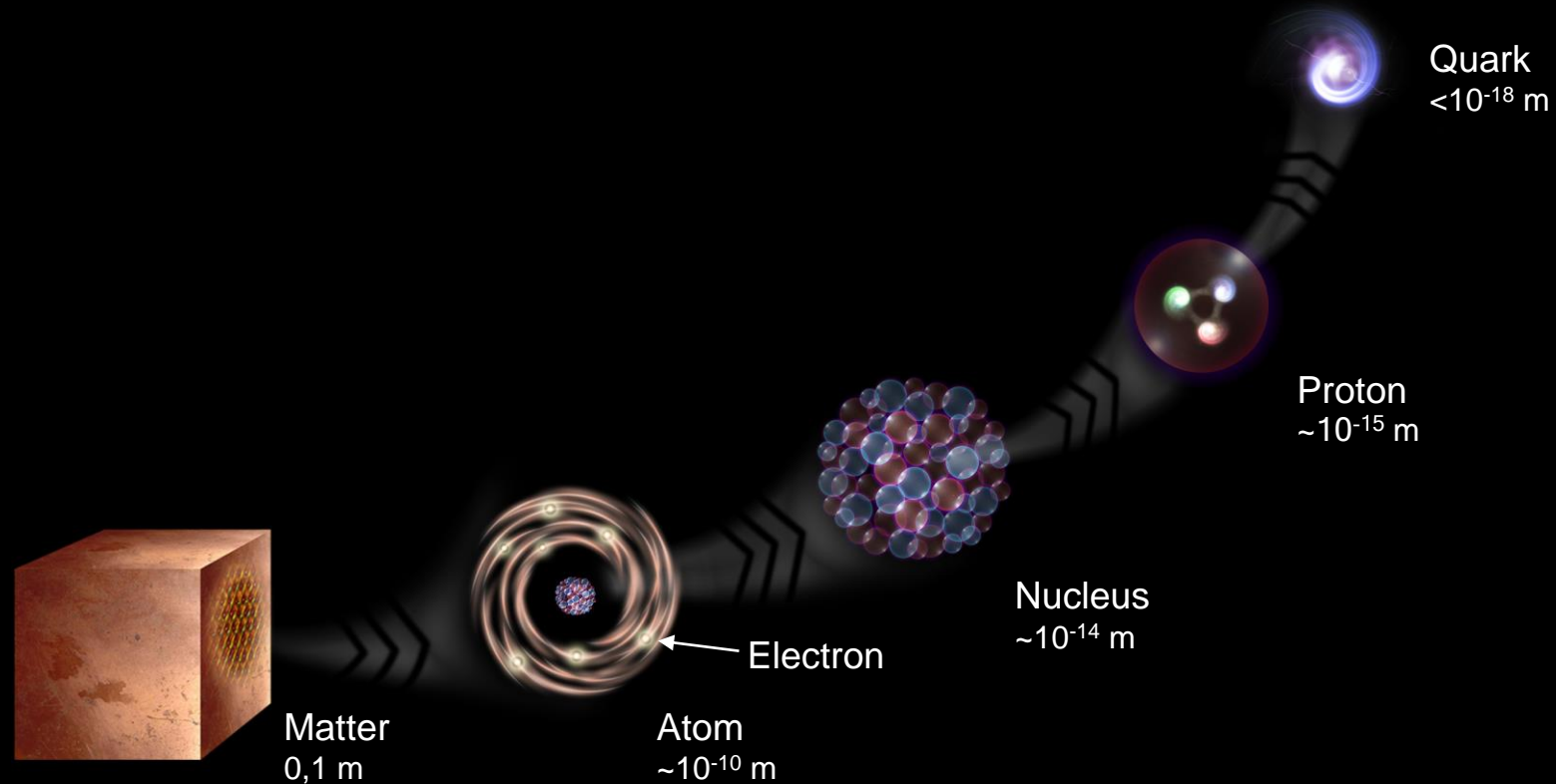


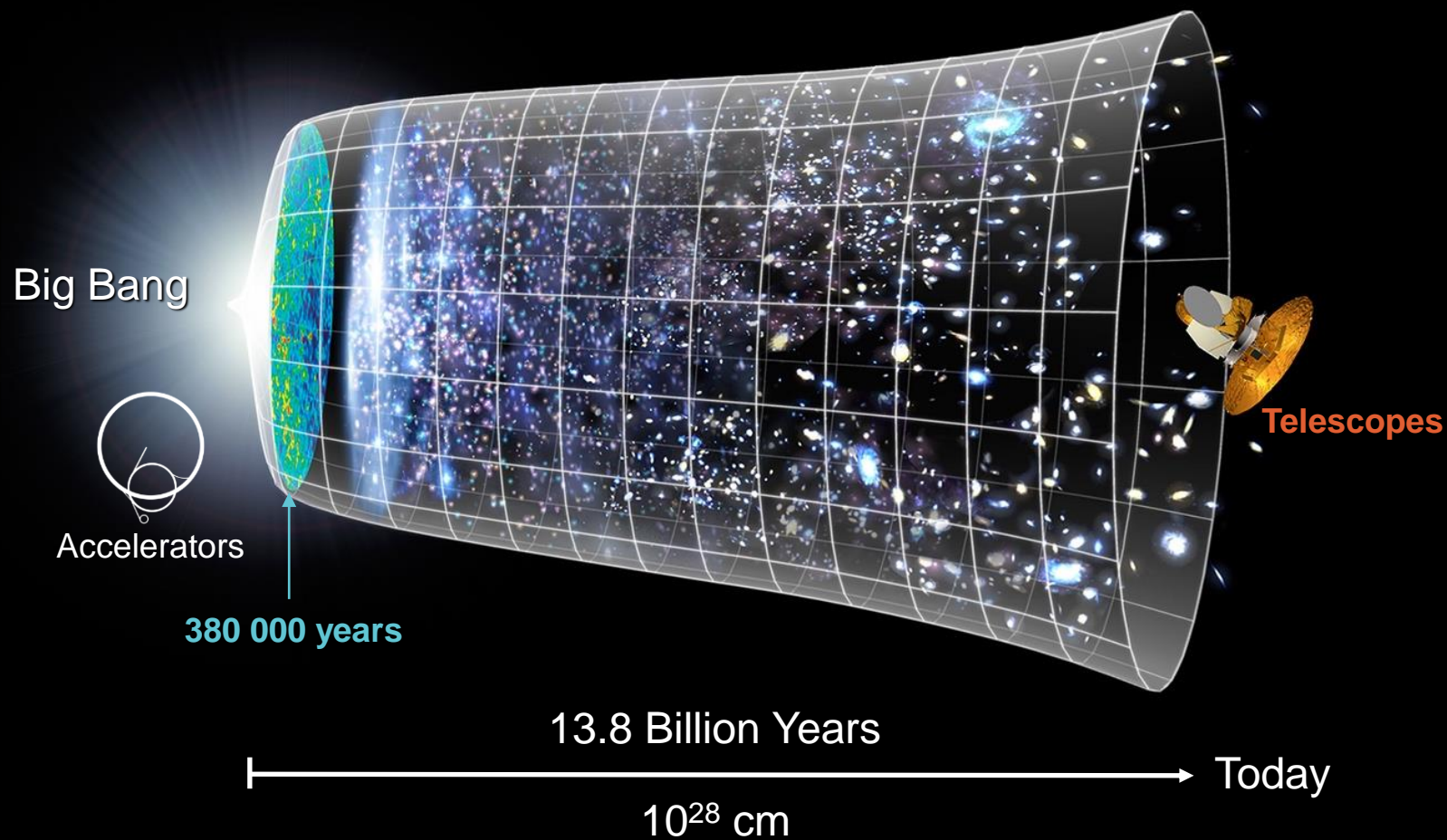


Badania  
naukowe

# What is the universe made of?

We study the elementary building blocks of matter and the forces that control their behaviour





## Jak powstał wszechświat?

W CERN odtwarzamy warunki istniejące ułamek sekundy po Wielkim Wybuchu, aby uzyskać wgląd w strukturę i początkową ewolucję wszechświata.

# Główne osiągnięcia Naukowe CERN

1973: Odkrycie prądów neutralnych w komorze "Gargamelle"

1983: Odkrycie bozonów W i Z w eksperymentach UA1 i UA2

1995: Pierwsze atomy antymaterii w eksperymencie PS210

2012: Odkrycie Bozon Higgsa

- ◆ 1984 Nagroda Nobla w fizyce za odkrycie bozonów W i Z  
**Carlo Rubbia i Simon van der Meer**
- ◆ 1992 Nagroda Nobla w fizyce za rozwój detektorów cząstek, szczególnie wielodrutowych komór proporcjonalnych  
**George Charpak**
- ◆ 2013 Nagroda Nobla w fizyce za teoretyczne odkrycie mechanizmu, który pomaga zrozumieć pochodzenie masy cząstek subatomowych  
**François Englert and Peter Higgs**



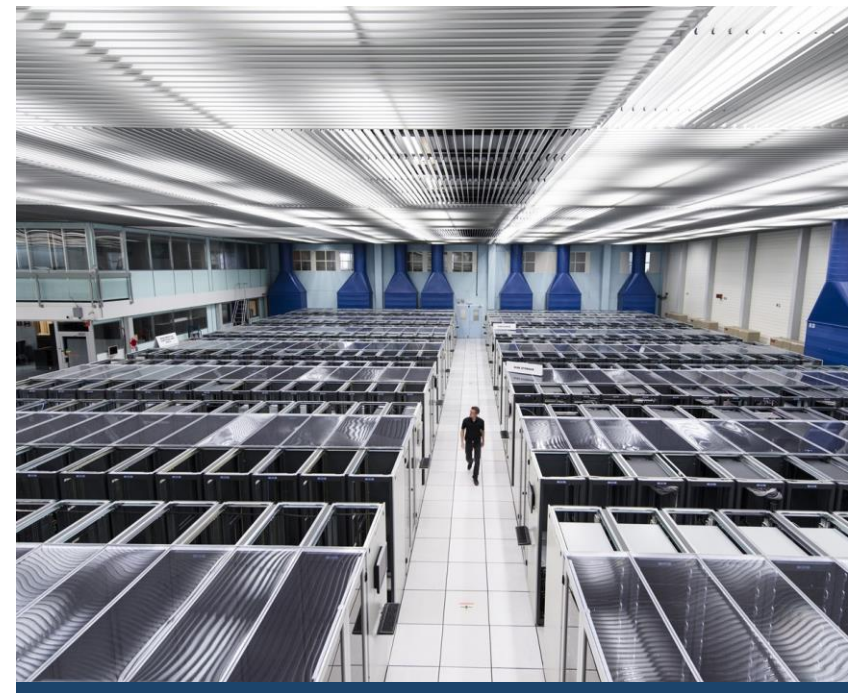
# W CERN rozwijamy technologie w trzech kluczowych obszarach



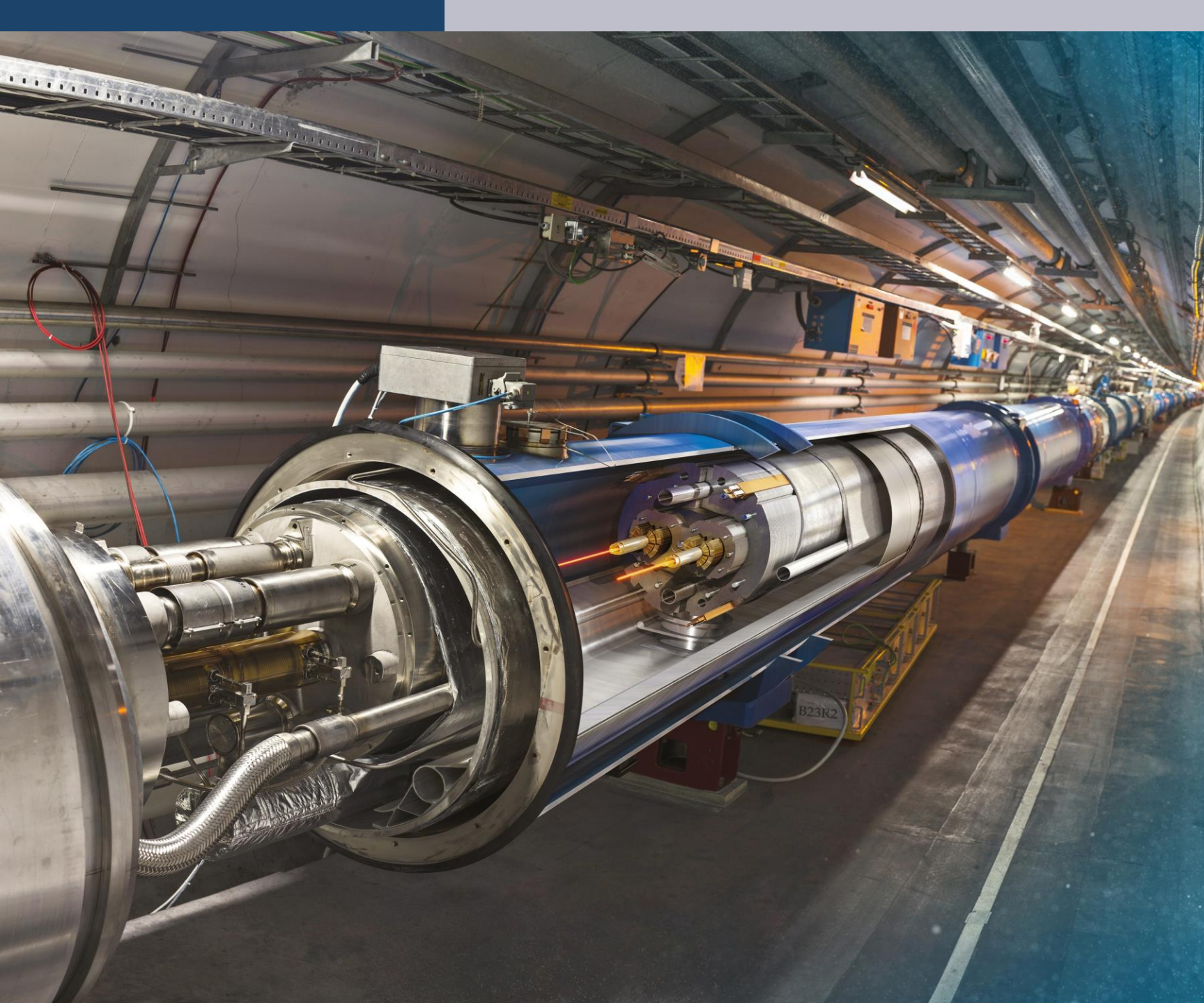
ACCELERATORY



DETEKTORY



PRZETWARZANIE DANYCH

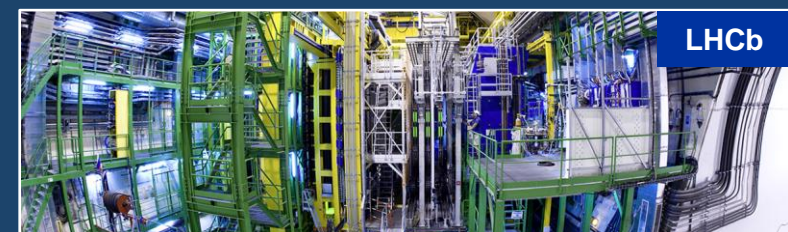
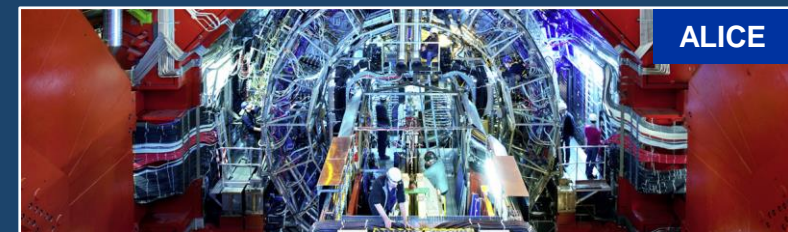
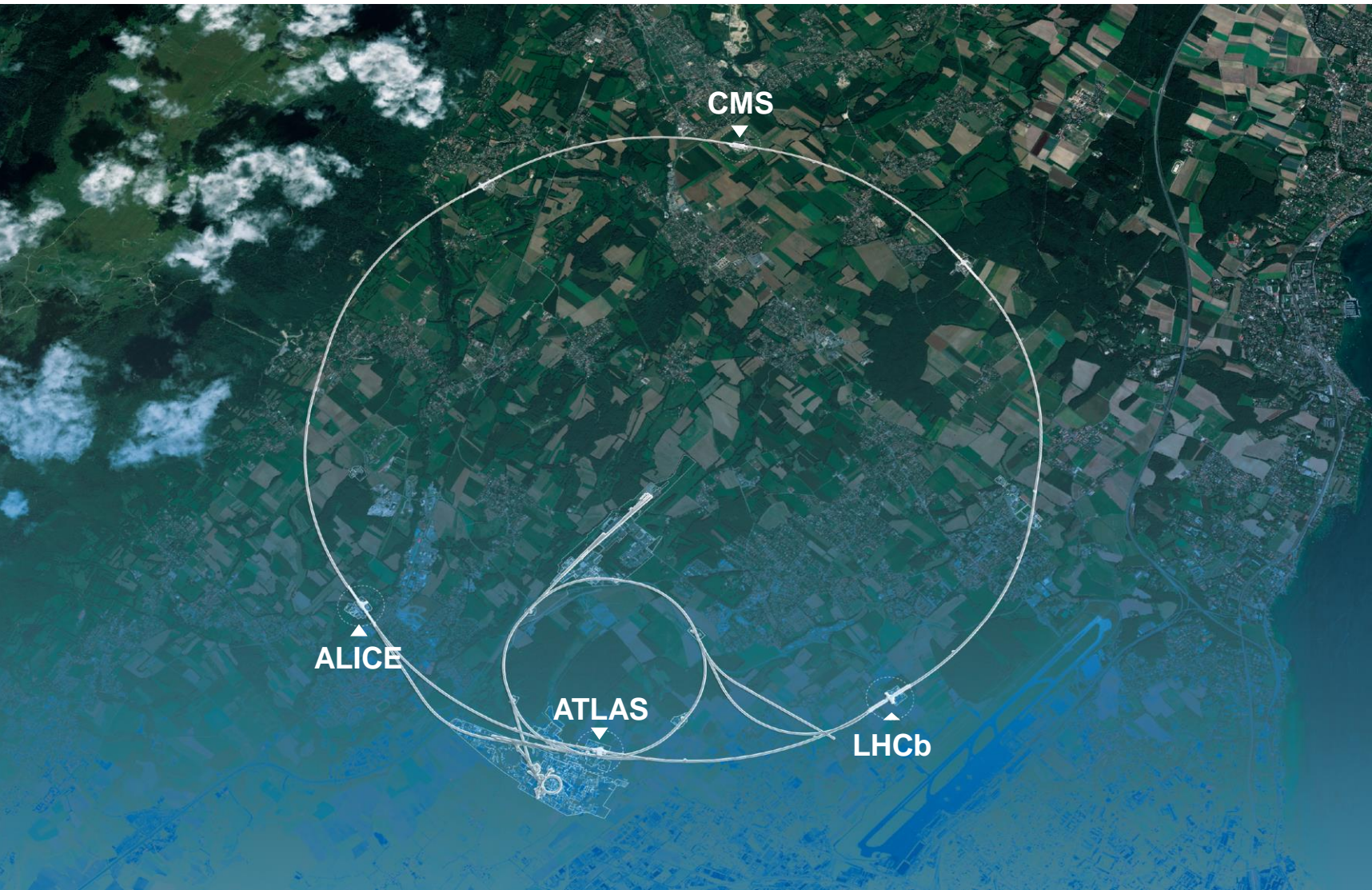


# Wielki Zderzacz Hadronów (LHC)

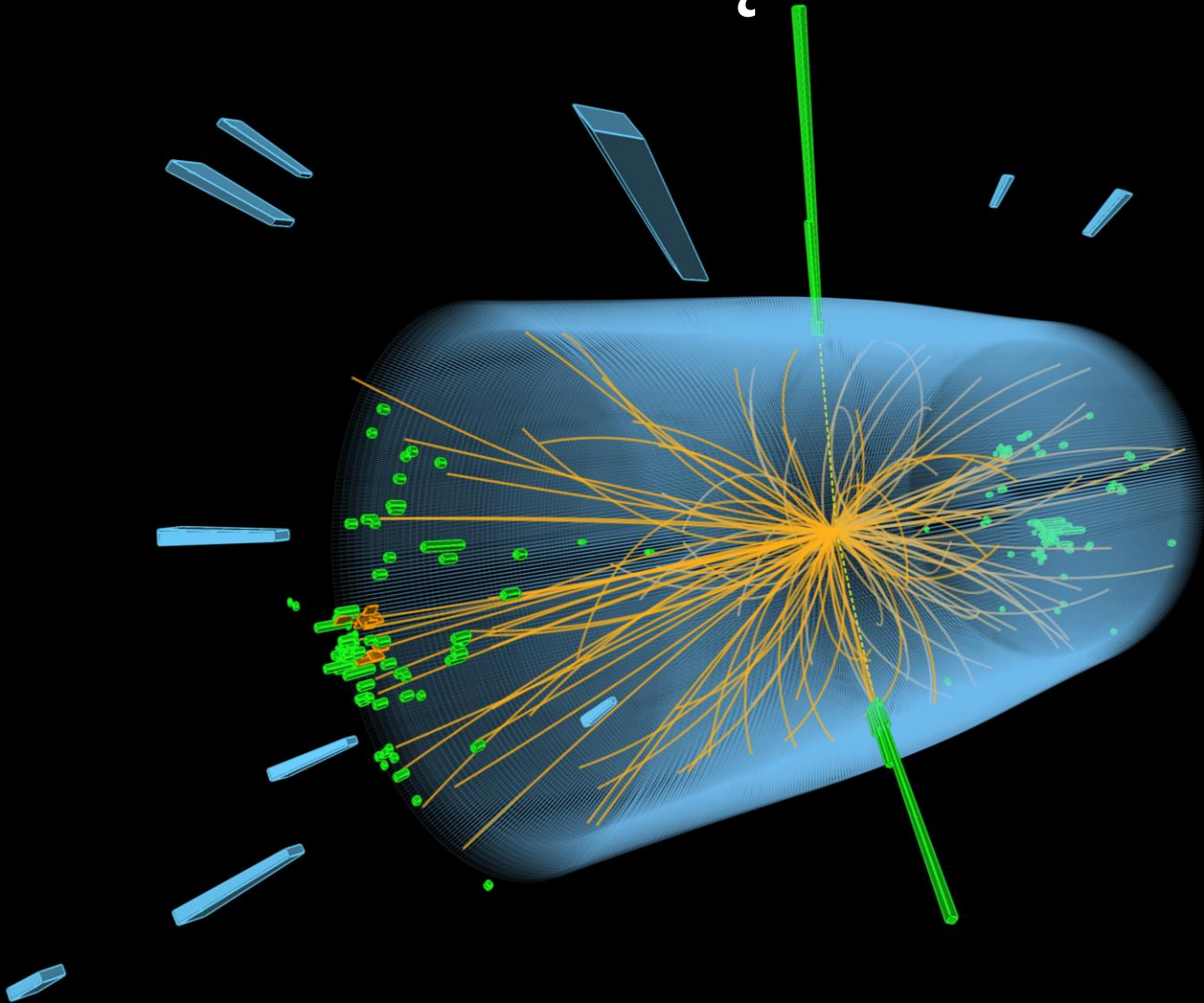
- 27 km obwodu pierścienia
- Około 100 m pod ziemią
- Magnesy nadprzewodnikowe kierują cząsteczkami wokół pierścienia
- Cząstki są przyspieszane do prędkości bliskich prędkości światła



# Gigantyczne detektory rejestrują cząsteczki tworzone w czterech punktach zderzeń

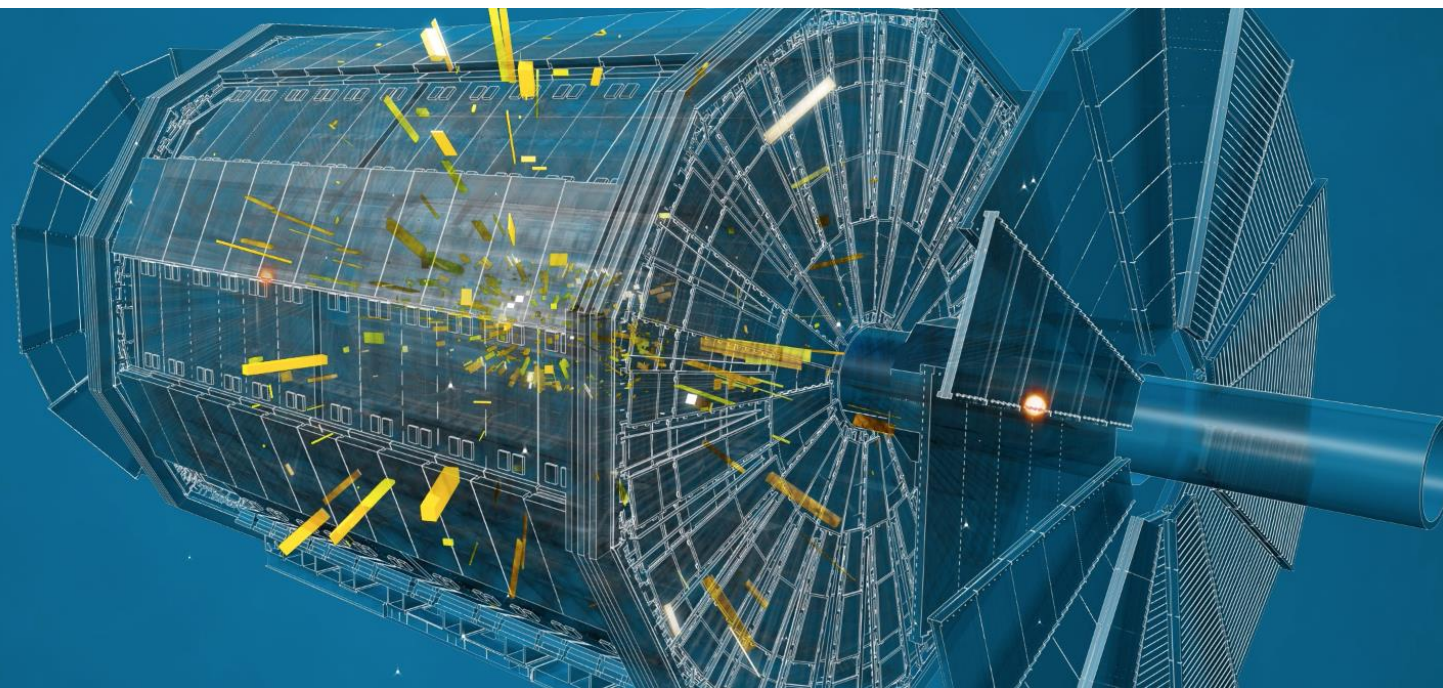


# LHC produkuje ponad 1 miliard zderzeń cząstek na sekundę



Energia zderzających się cząstek jest przekształcana w nowe cząstki.

# Detektory LHC są analogiczne do kamer 3D



Detektory mierzą energię, kierunek i ładunek powstających cząstek.



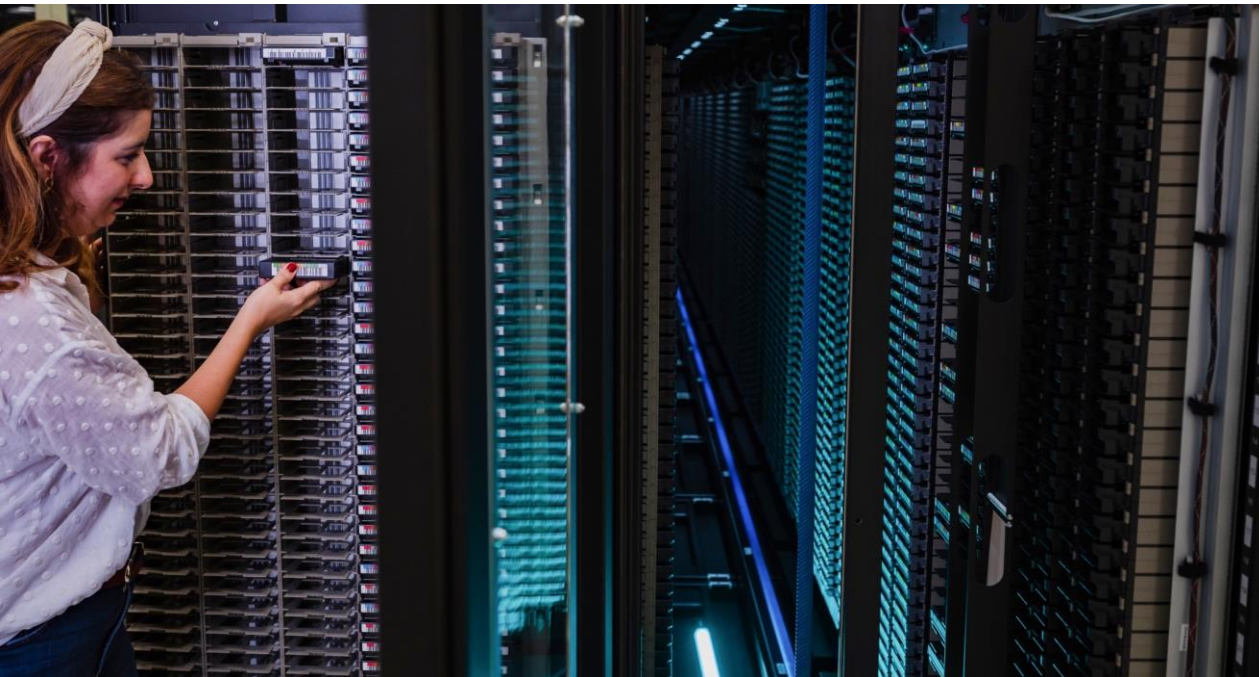
Detektory mierzą energię, kierunek i ładunek powstających cząstek.



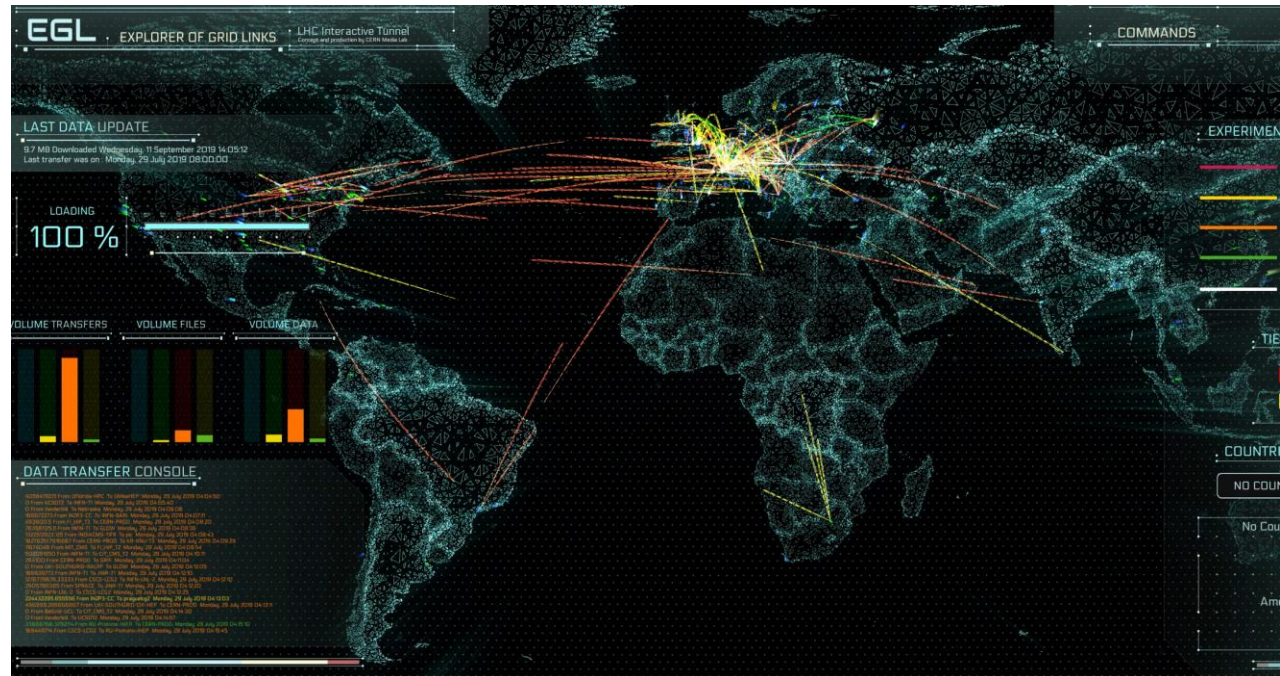
Detektory LHC powstały w ramach międzynarodowej współpracy obejmującej wszystkie regiony globu.

# Światowa sieć obliczeniowa LHC

## The Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)



Służy do przechowywania, dystrybucji, przetwarzania i analizowania danych.



1 milion rdzeni przetwarzających w około 170 centrach danych w 42 krajach.

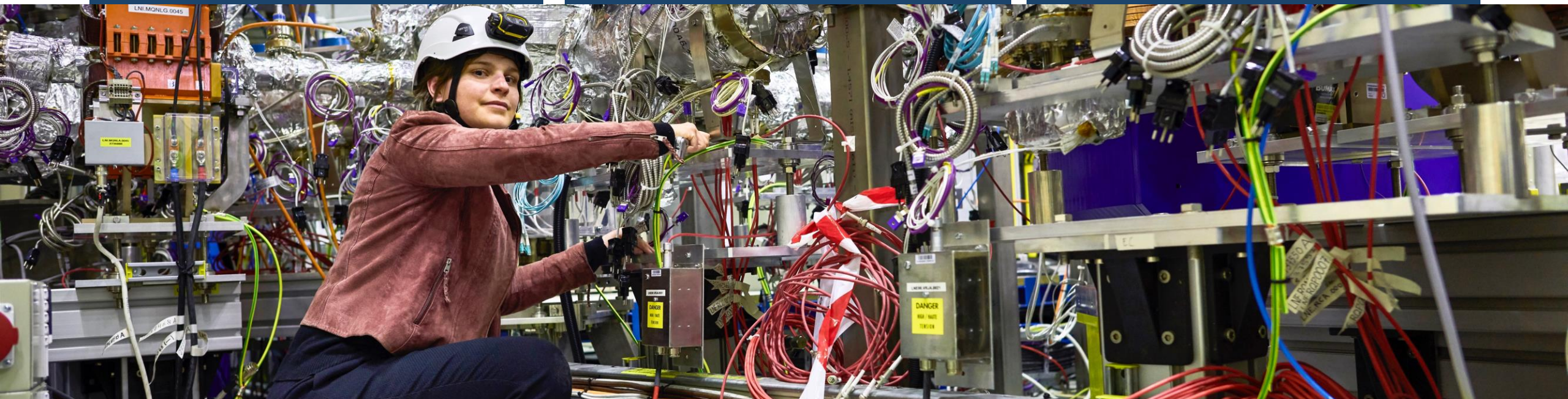
Ponad 1000 petabajtów danych przechowywanych na całym świecie.

# CERN ma zróżnicowany program naukowy

Fizyka nuklearna  
(ISOLDE)

Badania antymaterii  
(Kompleks akceleratora AD)

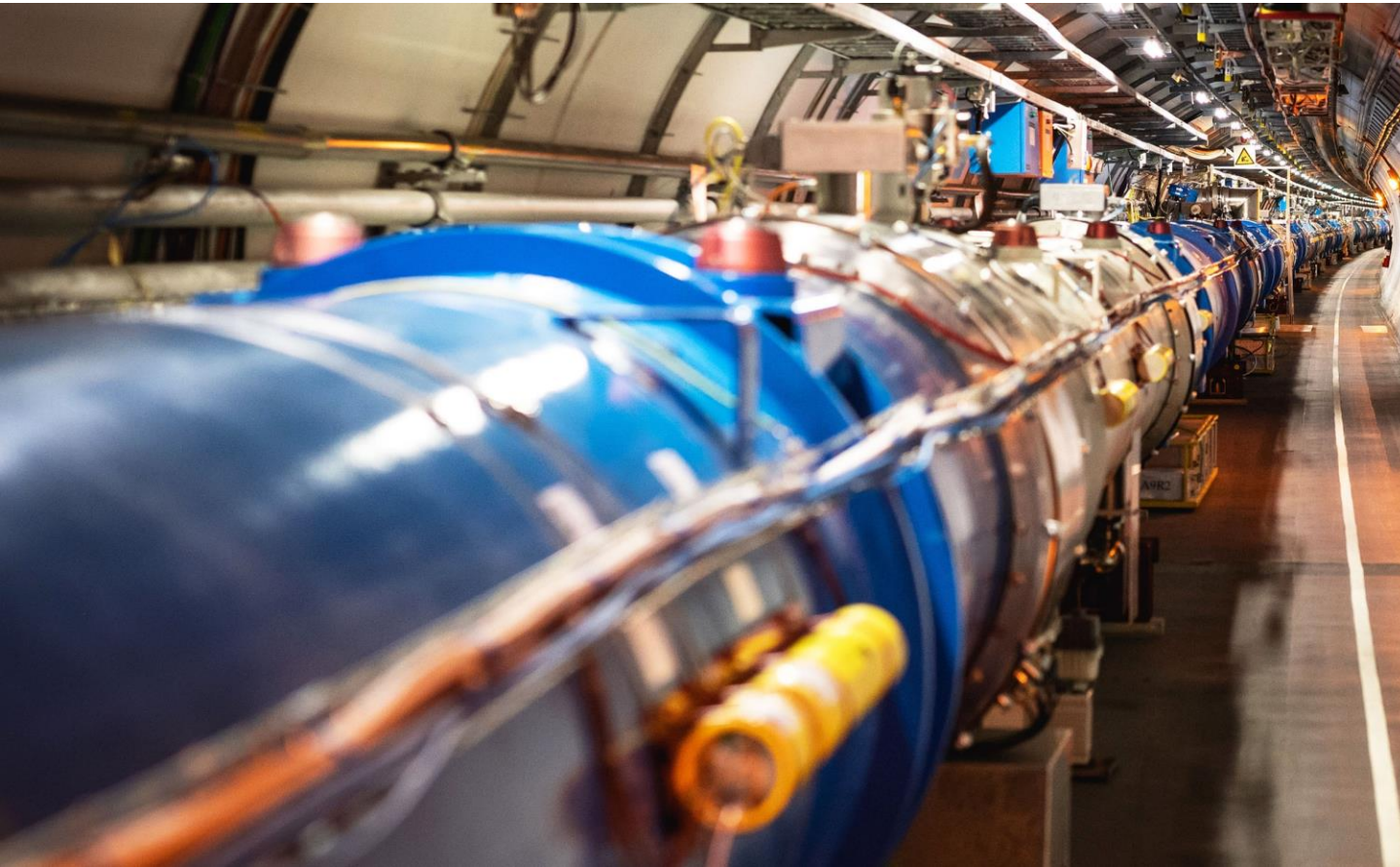
Promieniowanie kosmiczne i  
powstawanie chmur (CLOUD)



Eksperymenty ze stałą tarczą, które obejmują  
wyszukiwanie rzadkich zjawisk

Fizyka neutrin.  
Wkład w Long Baseline Neutrino Facility w USA (LBNF)

# W fizyce fundamentalnej jest wiele pytań bez odpowiedzi



Czym jest nieznanne 95% masy i energii wszechświata?

Czy istnieje tylko jeden bozon Higgsa i czy zachowuje się tak, jak tego oczekiwano?

Dlaczego wszechświat składa się tylko z materii i prawie nie zawiera antymaterii?

Dlaczego grawitacja jest tak słaba w porównaniu z innymi siłami?



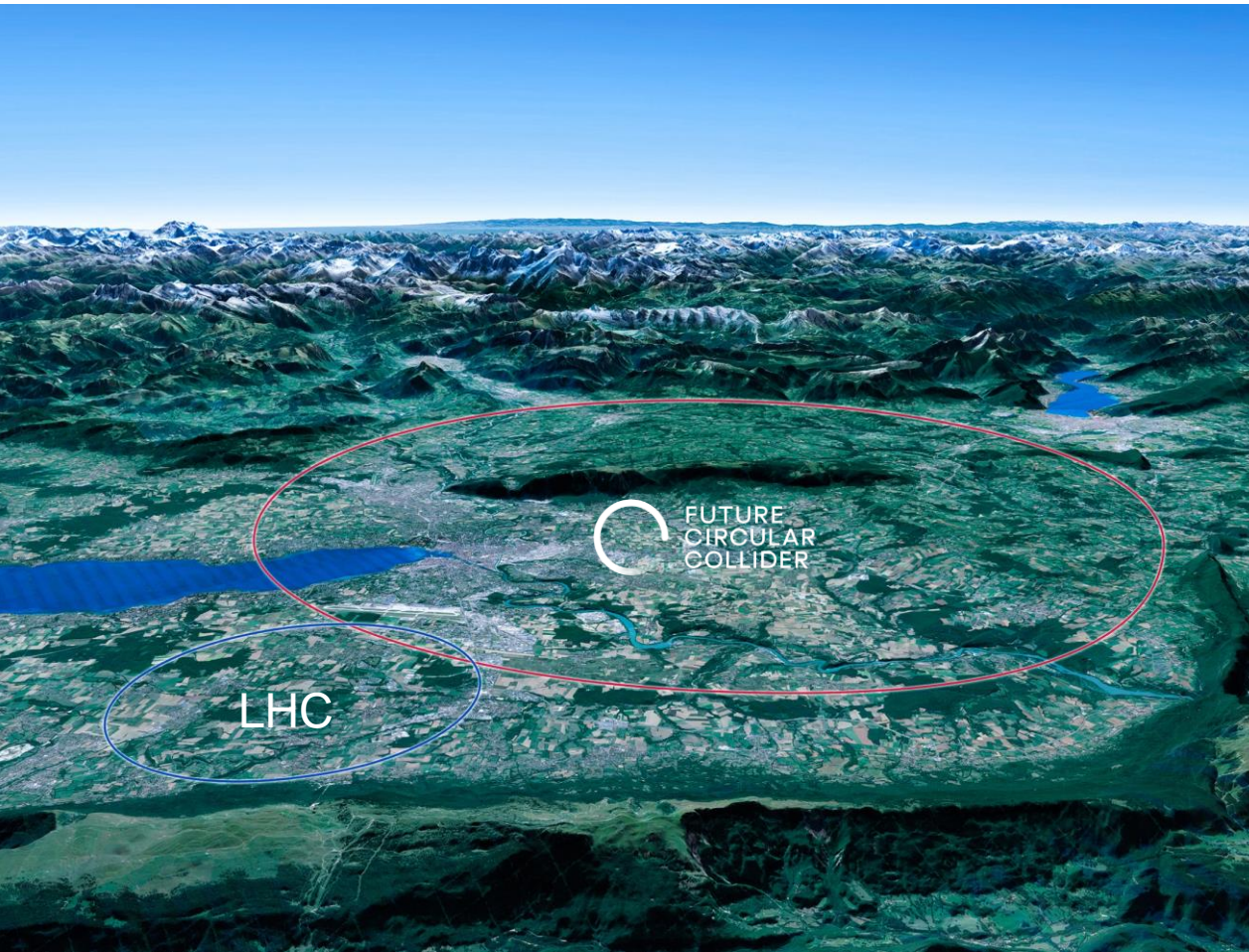
# Trwają przygotowania do modernizacji LHC do dużej świetlności (HL-LHC)

- HL-LHC wykorzysta nowe technologie, aby zapewnić 10 razy więcej kolizji protonów niż LHC.
- Da dostęp do rzadkich zjawisk, większą precyzję i potencjał odkrywczy.
- Zacznie działać w 2029 roku i potrwa do ok. 2040.

# Priorytety naukowe na przyszłość

Realizacja zaleceń Aktualizacji  
Europejskiej Strategii Fizyki Cząstek 2020:

- Pełne wykorzystanie HL-LHC
- Budowa fabryki Higgsa, aby lepiej zrozumieć tę wyjątkową cząstkę
- Badanie wykonalności technicznej i finansowej przyszłego zderzacza o długości 100 km w CERN
- Intensyfikacja odpowiednich programów badawczo-rozwojowych
- Wspieranie innych projektów w laboratoriach na całym świecie







# Rozwój współpracy międzynarodowej



# CERN tworza ludzie ze wszystkich stron świata



# Kraje członkowskie CERN w liczbach



## 23 Member States

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

## 3 Associate Member States in the pre-stage to membership

Cyprus – Estonia – Slovenia

## 7 Associate Member States

Croatia – India – Latvia – Lithuania – Pakistan  
Türkiye – Ukraine

## 6 Observers

Japan – Russia (suspended) – USA  
European Union – JINR (suspended) – UNESCO

## Around 50 Cooperation Agreements with non-Member States and Territories

Albania – Algeria – Argentina – Armenia – Australia – Azerbaijan – Bangladesh – Belarus – Bolivia  
Bosnia and Herzegovina – Brazil – Canada – Chile – Colombia – Costa Rica – Ecuador – Egypt – Georgia – Honduras  
Iceland – Iran – Jordan – Kazakhstan – Lebanon – Malta – Mexico – Mongolia – Montenegro – Morocco – Nepal  
New Zealand – North Macedonia – Palestine – Paraguay – People's Republic of China – Peru – Philippines – Qatar  
Republic of Korea – Saudi Arabia – Sri Lanka – South Africa – Thailand – Tunisia – United Arab Emirates – Vietnam

Roczny budżet CERN wynosi  
1200 MCHF (równowartość  
budżetu średniego europejskiego  
uniwersytetu)

Na dzień 31 grudnia 2022 r  
Pracownicy:  
2658 pracowników, 900  
stypendystów

Współpracownicy:  
11 860 użytkowników, 1516 innych

# CERN — laboratorium dla ludzi z całego świata

Udział użytkowników CERN-u według kraju macierzystego instytutu na dzień 31 grudnia 2022 r



Różnorodność geograficzna i kulturowa  
Użytkownicy 110 narodowości  
19,4% kobiet



## Member States 7147

Austria 85 – Belgium 129 – Bulgaria 43 – Czech Republic 244  
Denmark 49 – Finland 90 – France 844 – Germany 1225  
Greece 119 – Hungary 73 – Israel 64 – Italy 1527  
Netherlands 169 – Norway 79 – Poland 305 – Portugal 100  
Romania 109 – Serbia 33 – Slovakia 70 – Spain 383  
Sweden 103 – Switzerland 406 – United Kingdom 898

## Associate Member States in the pre-stage to membership 69

Cyprus 15 – Estonia 30 – Slovenia 24

## Associate Member States 382

Croatia 38 – India 132 – Latvia 16 – Lithuania 14 – Pakistan 35  
Türkiye 122 – Ukraine 25

## Observers 2991

Japan 216 – Russia (suspended) 873 – United States of America 1902

## Non-Member States and Territories 1271

Algeria 2 – Argentina 13 – Armenia 8 – Australia 21 – Azerbaijan 2 – Bahrain 4 – Belarus 18 – Brazil 122  
Canada 199 – Chile 34 – Colombia 21 – Costa Rica 2 – Cuba 3 – Ecuador 4 – Egypt 20 – Georgia 32  
Hong Kong 15 – Iceland 3 – Indonesia 5 – Iran 11 – Ireland 5 – Jordan 5 – Kuwait 4 – Lebanon 13 – Madagascar 1  
Malaysia 4 – Malta 1 – Mexico 49 – Montenegro 4 – Morocco 19 – New Zealand 5 – Nigeria 1 – Oman 1  
Palestine 1 – People's Republic of China 333 – Peru 2 – Philippines 1 – Republic of Korea 147 – Singapore 2  
South Africa 52 – Sri Lanka 10 – Taiwan 45 – Thailand 17 – Tunisia 2 – United Arab Emirates 7 – Viet Nam 1

## Liczby dla Polski



- Personel według narodowości na dzień 31 grudnia 2022 r
- 316 użytkowników
- 91 pracowników
- 67 stypendystów

# CERN jest modelem otwartej i inkluzywnej współpracy



Eksperymenty LHC to modele budowania konsensusu, współzawodnictwa i współpracy.

SESAME, synchrotronowe źródło światła w Jordanii wzorowane jest na strukturze zarządzania CERN-u.



CERN zapewnia infrastrukturę informatyczną dla technologii analizy satelitarnej do reagowania kryzysowego.



Rozwój nowych  
technologii i  
innowacje

# Innowacje technologiczne CERN-u mają zastosowanie w wielu dziedzinach

CERN to miejsce  
narodzin sieci WWW

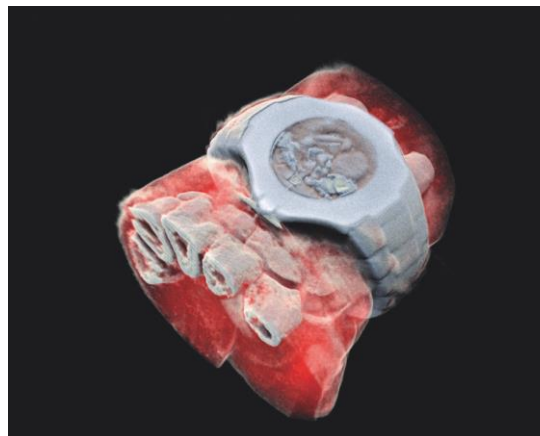
**Przykładów jest znacznie więcej:**  
Obrazowanie medyczne, terapia raka, materiałoznawstwo, lotnictwo,  
motoryzacja, środowisko, zdrowie i bezpieczeństwo, procesy  
przemysłowe.

# Innowacje technologiczne CERN mają ważne zastosowania w medycynie i opiece zdrowotnej



Technologie akceleratorowe znajdują zastosowanie w radioterapii nowotworów za pomocą protonów, jonów i elektronów.

Technologie stosowane w CERN są również wykorzystywane w PET, do obrazowania medycznego i diagnostyki.



Technologie detektorów pikseli są wykorzystywane do kolorowego obrazowania rentgenowskiego 3D w wysokiej rozdzielczości.

CERN produkuje innowacyjne radioizotopy dla medycyny nuklearnej.





A group of students wearing hard hats (yellow and blue) are gathered around a large, black, cylindrical detector component mounted on a metal frame. They appear to be in a laboratory or workshop setting, possibly at CERN, as indicated by the lanyards and the 'FESTIVAL' logo on one of the students' shirts. The students are looking intently at the component, with some reaching out to touch it. A teal circular graphic is overlaid on the left side of the image, containing the word 'EDUKACJA' in white capital letters.

EDUKACJA

# Programy szkoleniowe, edukacyjne i informacyjne CERN

300 Undergraduate students in  
Summer programmes  
>3000 registered PhD students.

>1000 Fellows, Technical and Doctoral  
Students in research and applied  
physics, engineering and computing.

13 304 teachers since 1998 and  
2000 participants in the webinar  
since 2020.



## Liczby dla Polski

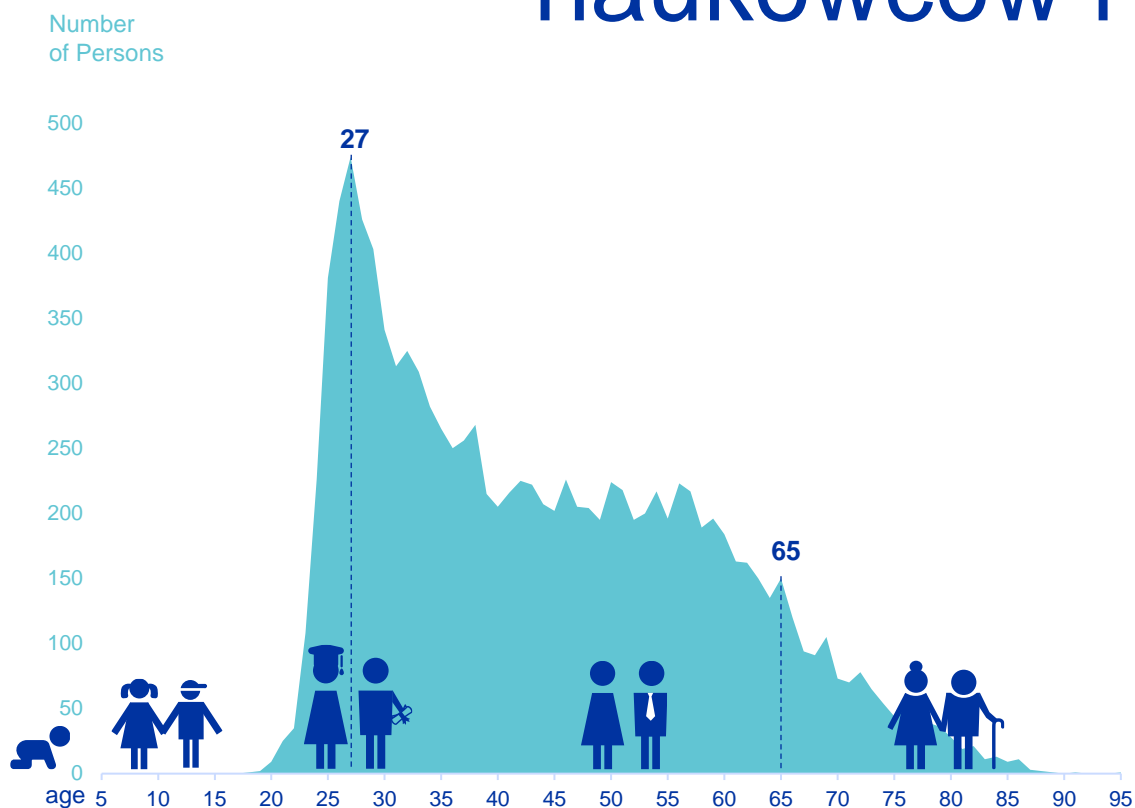
588 nauczycieli w programach  
dla nauczycieli  
44 drużyny w rywalizacji BL4S  
656 uczniów uczestniczących  
w S'Cool LAB

151 000 visitors on guided tours of  
CERN in 2019, from 95 countries.

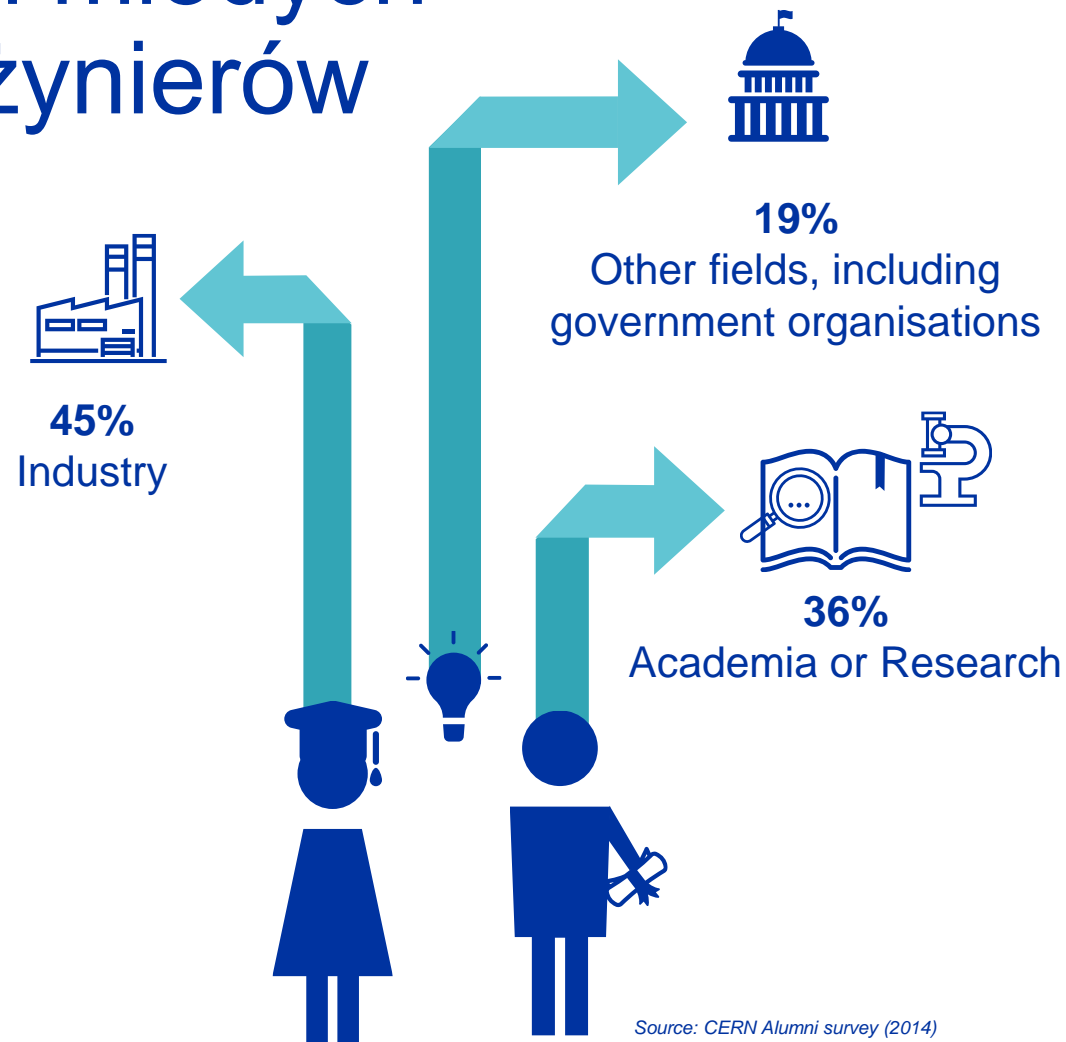
CERN engages with citizens  
across the globe:  
on-site and travelling exhibitions  
in 15 countries, > 1 million visitors

Science Gateway will open in 2023,  
expanding CERN's outreach reach  
and impact, locally and globally.

# CERN otwiera możliwości kariery dla współpracujących młodych naukowców i inżynierów



**Age Distribution of Scientists working at CERN**



**PhD and Technical students leaving CERN**

# CERN Science Gateway



Nowe centrum edukacyjne i informacyjne CERN dla wszystkich odbiorców w wieku powyżej 5 lat.

Otwarcie lato 2023.

Nowe wystawy, laboratoria edukacyjne, wydarzenia i pokazy.



# Polska ma długą historię i tradycję w fizyce cząstek elementarnych



- Polska została 16 państwem członkowskim CERN w 1991 roku
- Polska była państwem obserwatorem od 1963 roku jako jedyny kraj „za żelaznej kurtyny”
- Polscy fizycy współpracują z CERN-em od końca lat pięćdziesiątych
- W Polsce istnieje sześć ośrodków fizyki wysokich energii z głównymi ośrodkami w Warszawie i Krakowie
- Maria Skłodowska-Curie – nagrody Nobla z fizyki (1903) i chemii (1911) – to ikona Polski i ikona CERN-u

H.E. President Andrzej Duda, 15 November 2016

## Polska w CERN



1959 r. – profesorowie **Mięsowicz** (Kraków), **Danysz** i **Sołtan** (Warszawa) nawiązali pierwsze indywidualne kontakty i wystarali się o kilka stypendiów dla młodych fizyków na staże w CERN. Te indywidualne kontakty przekształciły się w intensywną współpracę naukową.

# Polska jest współwłaścicielem CERN

## Łożymy na jego utrzymanie.

- Polska składka: ~3% budżetu (wynika z dochodu narodowego w stosunku do dochodu wszystkich państw członkowskich)

## Mamy przedstawicieli w organie decyzyjnym - Radzie CERN:

- w głosowaniach – głosy wszystkich państw mają tę samą wagę.
  - Dr D. Drewniak, MEiN – przedstawiciel rządu RP,
  - Prof. T. Lesiak, IFJ PAN – przedstawiciel środowiska naukowego.

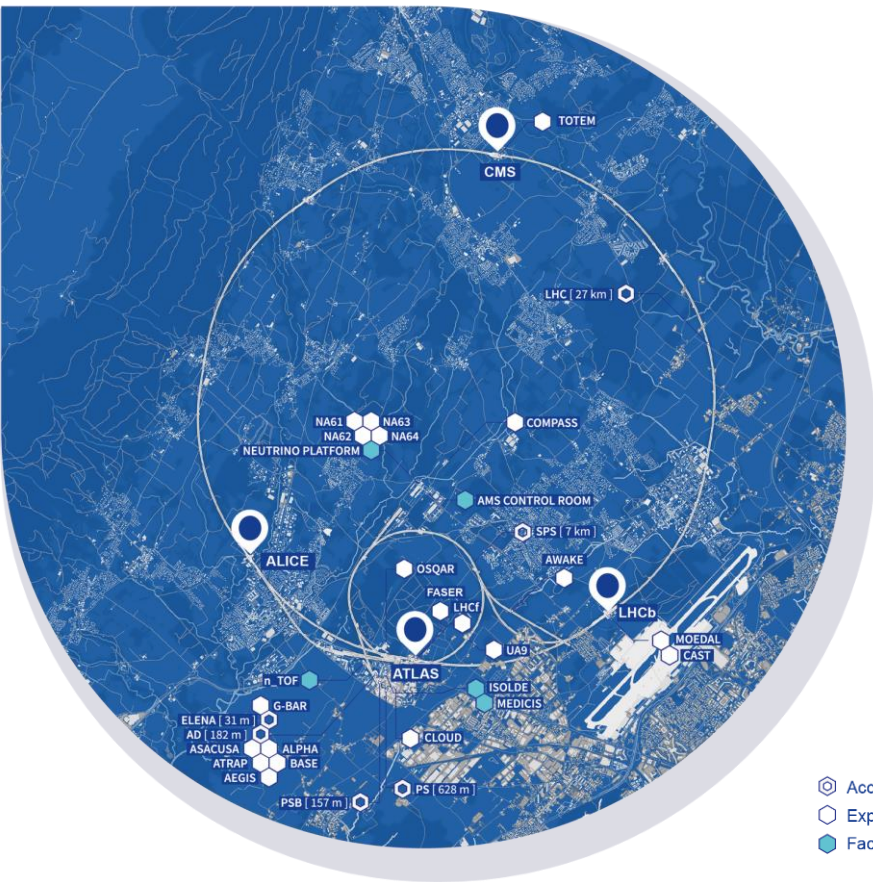
## Korzystamy z urządzeń badawczych wartych miliardy CHF.

**Korzystamy ze środków stypendialnych na badania prowadzone przez fizyków, doktorantów i studentów oraz na programy edukacyjne.**

**Możemy aplikować na stałe pozycje (*staff*) w CERN.**

**Polski przemysł może uczestniczyć w przetargach na dostawy urządzeń i usług dla CERN.**

# Polska jest aktywnie zaangażowana w program eksperymentalny CERN.



## LHC EXPERIMENTS:

- ALICE** 4 institutes, 90 members
- ATLAS** 4 institutes, 76 members
- CMS** 6 institutes, 43 members
- LHCb** 4 institutes, 60 members

## OTHER LHC EXPERIMENTS:

- TOTEM** 1 institute, 5 members

## FIXED TARGET EXPERIMENTS

- **COMPASS,**
- **NA61,**
- **N\_TOF,**
- **Neutrino Platform**

in total 18 institutes, 96 members

## ISOLDE

11 institutes, 51 members

## AD EXPERIMENTS

- **AEGIS**
  - **G-BAR**
- 4 institutes, 24 members

Od prawie 60 lat polscy fizycy teoretycy ściśle współpracują z CERN i dzięki tej współpracy ich wkład w światowy program badawczy w fizyce cząstek elementarnych jest znaczący.



# Polska wniosła wkład w budowę akceleratora LHC



W latach 2004-2008 ponad 100 inżynierów i techników z Polski uczestniczyło w instalacji i uruchomieniu LHC.

Dziesiątki inżynierów i techników są również zaangażowani w konsolidację i ponowne uruchamianie LHC podczas każdego długiego przestoju.

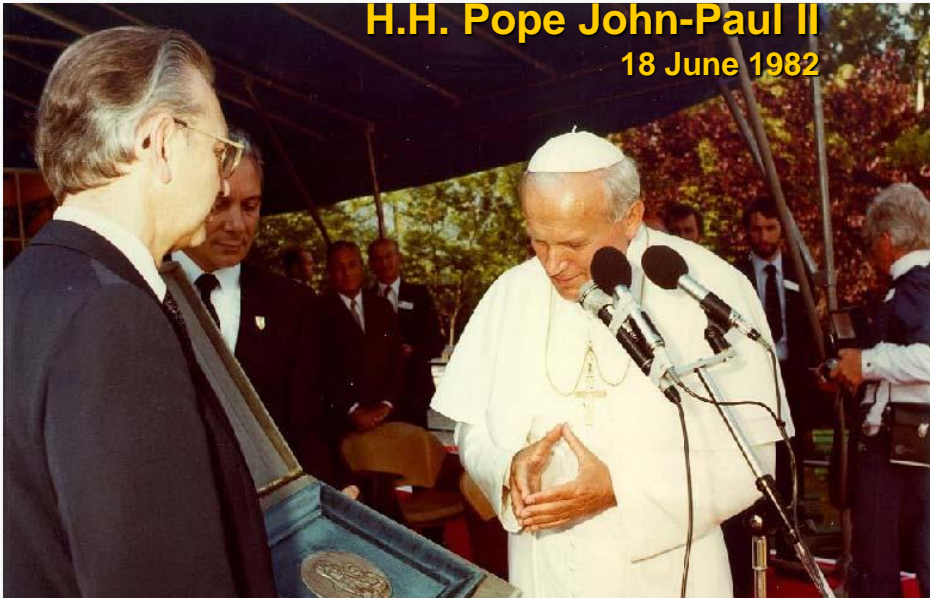
Polski przemysł uzyskał szereg kontraktów na dostawy i usługi dla LHC i jego eksperymentów.



# Polscy VIP w CERN



H.H. Pope John-Paul II  
18 June 1982



T. Mazowiecki,  
16 June 1990



Prezydent Kaczorowski



LHC, accelerating science | accélérateur de science

Lech Kaczyński  
15 June 2009



# Podsumowanie

**CERN** jest największym na świecie laboratorium fizyki cząstek i ma największy kompleks akceleratorów, w tym akcelerator LHC.

- Mamy nadzieję, że eksperymenty LHC wyjaśnią wkrótce kilka najważniejszych zagadek przyrody.

**W CERN** trzynaście tysięcy ludzi z całego świata ...

- jest zafascynowanych pracą badawczą,
- z entuzjazmem poświęca czas na rozwiązywanie problemów doświadczalnych i teoretycznych,
- jest wspaniale zintegrowanych, pomimo różnic kulturowych, politycznych i religijnych.

**Polska w CERN** jest obecna od ponad 60-ciu lat i odgrywa w nim rolę większą niż ~3% wkładu do budżetu ...

## Życzę Państwu:

- ❑ zdobycia w CERN inspiracji do tego jak trudne zagadnienia z fizyki przekazać w sposób atrakcyjny i przystępny,
- ❑ ...i w efekcie doprowadzenia do zahamowania niepokojącego spadku zainteresowania przedmiotami ścisłymi wśród uczniów,
- ❑ jak również wielu radości z dzielenia się zdobytymi doświadczeniami z młodymi ludźmi w Polsce.

Dziękuję za uwagę