



Witamy w CERNie

Bolesław Pietrzyk
LAPP Annecy (F)

Wykład przygotowany przez
polskich fizyków w CERNie

bolek.pietrzyk@cern.ch

4 lipca 2012



H to gamma gamma Overview

- Main analysis is a Multi-Variate-Analysis (MVA)
- MVAs for photon ID and event classification
 - Fit mass distribution in 4 event classes based on a diphoton MVA output + 2 di-jet categories
- Improvement in expected limit ~15% over cut-based analysis
- Cross-checked with an alternative background model extraction
 - Fit output of a 2nd MVA combining diphoton MVA and m_{jj} using data in mass sidebands to construct the background model
- Also cross-checked with a cut based analysis
- Simple and robust
 - Cut based photon ID and event classification
 - Fit data mass distribution in a region ϵ + a shower shape vs. categories with different Signal over Background (S/B) + a di-jet categories
- Published for 2011 data
 - Phys.Lett. B726 (2011) 487-495 arXiv:1102.1487



Joe Incandela (CMS)



Fabiola Gianotti (ATLAS)



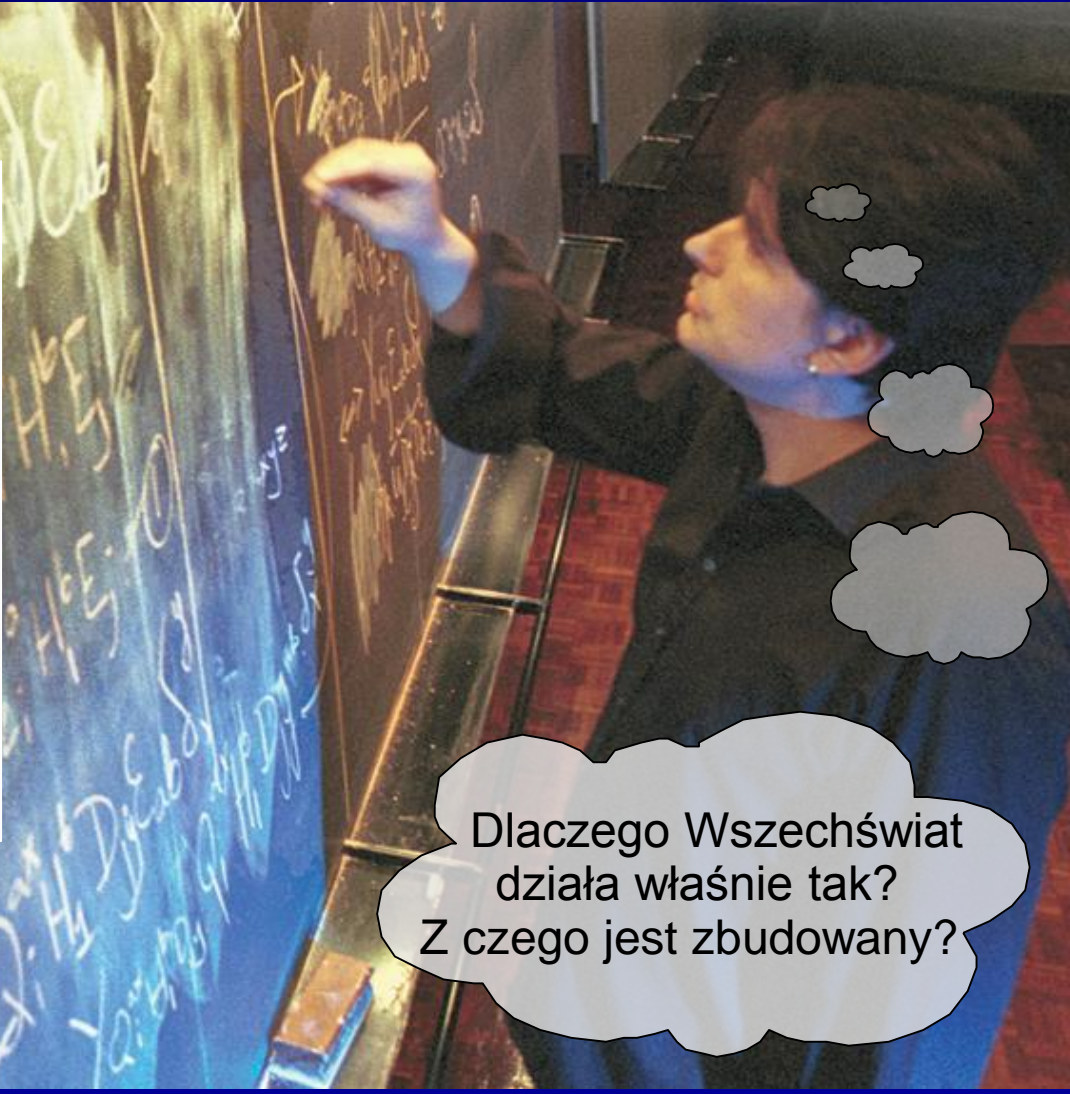
Première rencontre Englert-Higgs



Czym jest CERN?

Największe na świecie laboratorium fizyczne

CERN jest międzynarodowym laboratorium, gdzie naukowcy wspólnie poszukują odpowiedzi na fundamentalne pytania dotyczące *elementarnych "cegielek" materii i natury sił jakimi między sobą oddziałują*

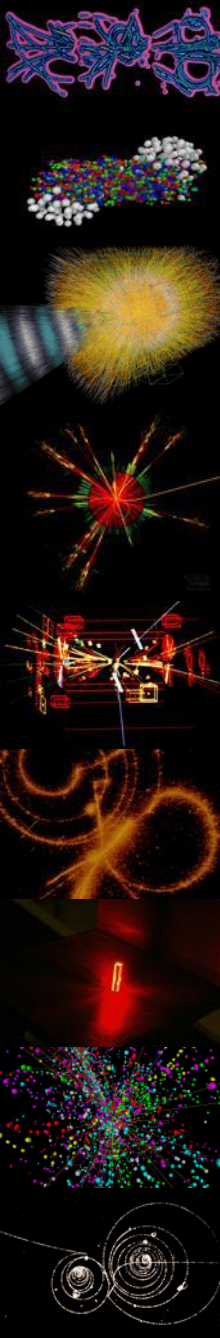


Dlaczego Wszechświat działa właśnie tak?
Z czego jest zbudowany?



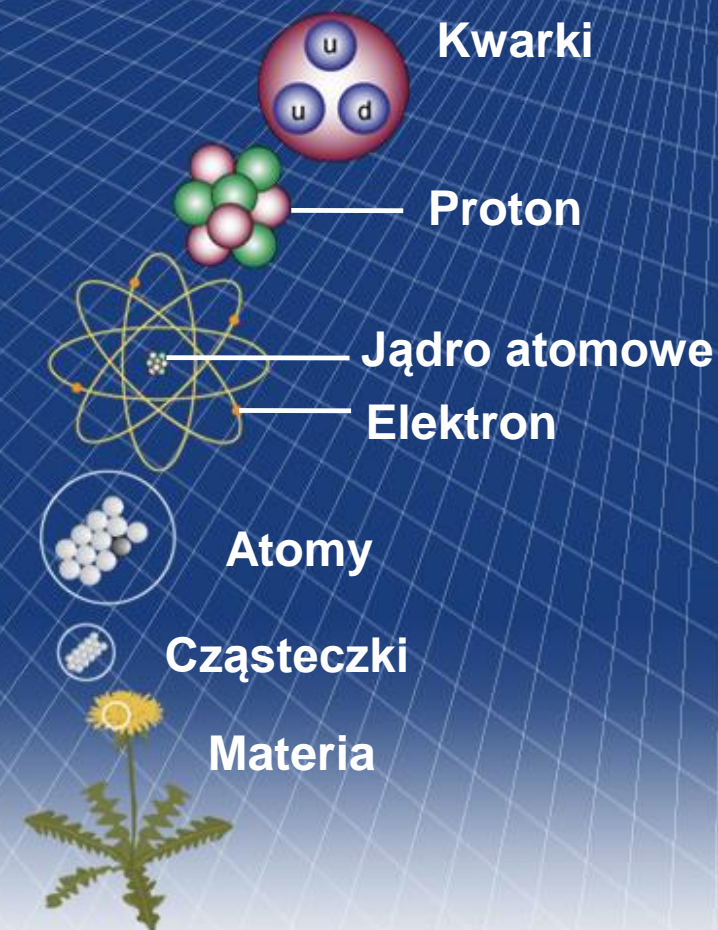
Podstawowe składniki materii

Elementarnymi “cegiełkami” materii są maleńkie cząstki - dużo mniejsze od atomów



Używając 4 typów cząstek możemy skonstruować cały otaczający nas świat:

- kwarki “u”
- kwarki “d”
- elektrony
- neutrino





Podstawowe “cegiełki” materii



| | I GENERACJA | II GENERACJA | III GENERACJA |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| $Q = +\frac{2}{3}$ górne | u górnny | c powabny | t prawdziwy |
| $Q = -\frac{1}{3}$ dolne | d dolny | s dziwny | b pięknny |

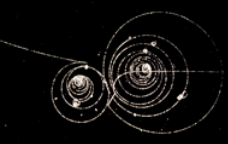
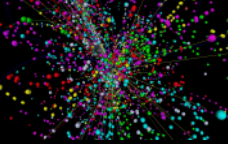
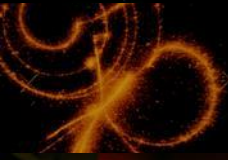
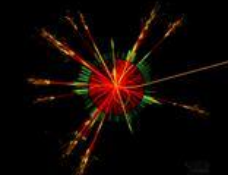
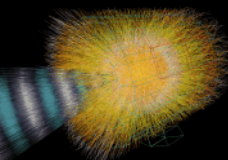
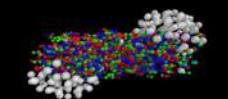
RYS. 2.2.4 - TRZY GENERACJE KWARKÓW

| | I GENERACJA, $L_e=1$ | II GENERACJA, $L_\mu=1$ | III GENERACJA, $L_\tau=1$ |
|------------------------|--|--|---|
| $Q = 0$ neutralne | ν_e neutrino elektronowe | ν_μ neutrino mionowe | ν_τ neutrino taonowe |
| $Q = -1$ naładowane | e^- elektron | μ^- mion | τ^- taon |

RYS. 2.2.2 - TRZY GENERACJE LEPTONÓW

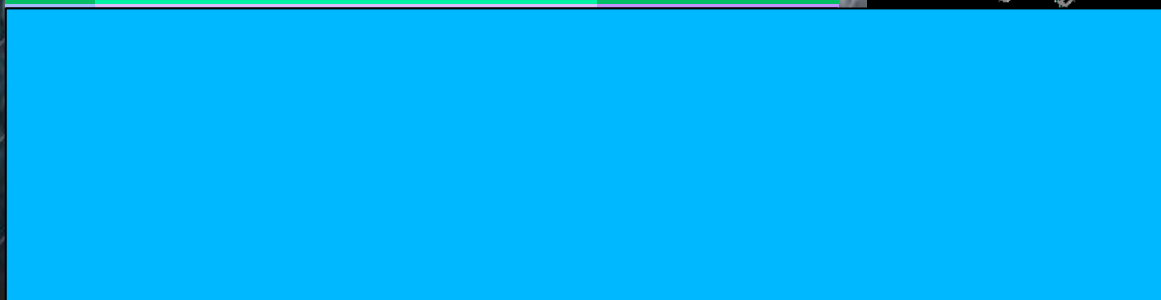


Podstawowe oddziaływania



ELEMENTARNE NOSNIKI ODDZIAŁYWAŃ (BOZONY)

| | | | |
|----------------------------------|--|---|--|
| oddziaływanie elektromagnetyczne | | Odpowiada za większość zjawisk codziennego życia (światło, elektronika, chemia) | |
| oddziaływanie słabe | | umożliwiają rozpady promieniotwórcze (Z ⁰ to ciężki brat fotonu) | |
| oddziaływanie silne | | Jest ich osiem. Sklejają kwarki a także zapewniają wiązanie protonów i neutronów w stabilne jądra atomowe | |





Co oznacza skrót „CERN” ?

CERN: *European Organization for Nuclear Research*

– (oryg. fr): “**C**onseil **E**uropéen pour la **R**echerche **N**ucléaire”

■ Słowo “*Nuclear*” (nuklearny, jądrowy) – czysto historyczne:

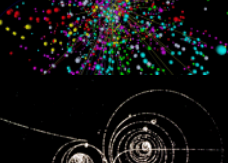
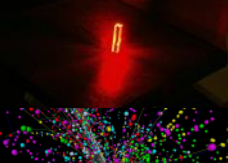
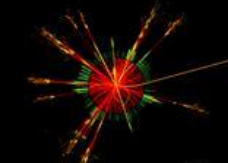
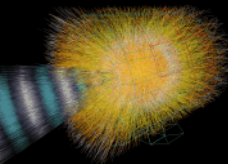
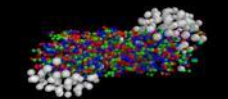
– W czasie gdy zakładano CERN, wyzwaniem dla fizyków było zrozumienie wnętrza atomu → jądra atomowego

– W niedługim czasie nauka zgłębiła tę tajemnicę i posunęła się dużo głębiej, ku mniejszym składnikom i wyższym koncentracjom energii

– Często spotykane:

■ “*Europejskie laboratorium fizyki cząstek elementarnych*”

■ “*Europejskie laboratorium fizyki wysokich energii*”





CERN: Organizacja międzynarodowa

–21 krajów członkowskich

Distribution of All CERN Users by Location of Institute on 14 January 2014



Ponad 10000 fizyków z 66 państw świata

MEMBER STATES

| | |
|----------------|------|
| Austria | 75 |
| Belgium | 152 |
| Bulgaria | 49 |
| Czech Republic | 208 |
| Denmark | 50 |
| Finland | 93 |
| France | 835 |
| Germany | 1185 |
| Greece | 98 |
| Hungary | 59 |
| Israel | 49 |
| Italy | 1337 |
| Netherlands | 174 |
| Norway | 86 |
| Poland | 186 |
| Portugal | 113 |
| Slovakia | 55 |
| Spain | 293 |
| Sweden | 84 |
| Switzerland | 330 |
| United Kingdom | 769 |

6280

OBSERVERS

| | |
|--------|------|
| India | 153 |
| Japan | 217 |
| Russia | 890 |
| Turkey | 110 |
| USA | 1724 |

3094

CANDIDATE FOR ACCESSION

| | |
|---------|----|
| Romania | 86 |
|---------|----|

ASSOCIATE MEMBER IN THE PRE-STAGE TO MEMBERSHIP

| | |
|--------|----|
| Serbia | 30 |
|--------|----|

OTHERS

| | | | | | | | |
|------------|-----|----------------|-----|-------------|-----|--------------|----|
| Argentina | 13 | China | 122 | Iran | 20 | Pakistan | 18 |
| Armenia | 16 | China (Taipei) | 71 | Ireland | 5 | Peru | 2 |
| Australia | 39 | Colombia | 10 | Korea | 105 | Saudi Arabia | 3 |
| Azerbaijan | 2 | Croatia | 23 | Lithuania | 13 | Slovenia | 25 |
| Belarus | 24 | Cuba | 3 | Madagascar | 3 | South Africa | 32 |
| Brazil | 116 | Cyprus | 13 | Malaysia | 8 | Thailand | 8 |
| Canada | 147 | Egypt | 18 | Mexico | 46 | T.F.Y.R.O.M. | 1 |
| Chile | 8 | Georgia | 17 | Montenegro | 1 | Ukraine | 24 |
| | | Iceland | 4 | Morocco | 6 | | |
| | | | | New Zealand | 5 | | |

982



CERN: Organizacja międzynarodowa

–21 krajów członkowskich

Distribution of All CERN Users by Location of Institute on 14 January 2014



**Prezydent Rady CERNu
prof. Agnieszka Zalewska**

MEMBER STATES

| | |
|----------------|------|
| Austria | 75 |
| Belgium | 152 |
| Bulgaria | 49 |
| Czech Republic | 208 |
| Denmark | 50 |
| Finland | 93 |
| France | 835 |
| Germany | 1185 |
| Greece | 98 |
| Hungary | 59 |
| Israel | 49 |
| Italy | 1337 |
| Netherlands | 174 |
| Norway | 86 |
| Poland | 186 |
| Portugal | 113 |
| Slovakia | 55 |
| Spain | 293 |
| Sweden | 84 |
| Switzerland | 330 |
| United Kingdom | 769 |

6280

OBSERVERS

| | |
|--------|------|
| India | 153 |
| Japan | 217 |
| Russia | 890 |
| Turkey | 110 |
| USA | 1724 |

3094

CANDIDATE FOR ACCESSION

| | |
|---------|----|
| Romania | 86 |
|---------|----|

ASSOCIATE MEMBER IN THE PRE-STAGE TO MEMBERSHIP

| | |
|--------|----|
| Serbia | 30 |
|--------|----|

OTHERS

| | |
|------------|-----|
| Argentina | 13 |
| Armenia | 16 |
| Australia | 39 |
| Azerbaijan | 2 |
| Belarus | 24 |
| Brazil | 116 |
| Canada | 147 |
| Chile | 8 |

| | |
|----------------|-----|
| China | 122 |
| China (Taipei) | 71 |
| Colombia | 10 |
| Croatia | 23 |
| Cuba | 3 |
| Cyprus | 13 |
| Egypt | 18 |
| Estonia | 17 |
| Georgia | 11 |
| Iceland | 4 |

| | |
|-------------|-----|
| Iran | 20 |
| Ireland | 5 |
| Korea | 105 |
| Lithuania | 13 |
| Madagascar | 3 |
| Malaysia | 8 |
| Mexico | 46 |
| Montenegro | 1 |
| Morocco | 6 |
| New Zealand | 5 |

| | |
|--------------|----|
| Pakistan | 18 |
| Peru | 2 |
| Saudi Arabia | 3 |
| Slovenia | 25 |
| South Africa | 32 |
| Thailand | 8 |
| T.F.Y.R.O.M. | 1 |
| Ukraine | 24 |

982



CERN: Laureaci Nagrody Nobla

1984: **Carlo Rubbia** i
Simon van der Meer

"za prace które doprowadziły do odkrycia bozonów W i Z"

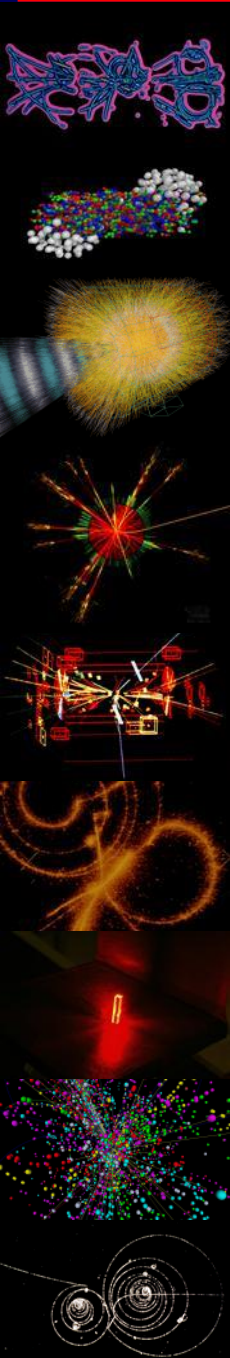


1992: **Georges Charpak**

"za pomysł i opracowanie detektorów cząstek, w szczególności MWPC (wielodrutowej komory proporcjonalnej)"

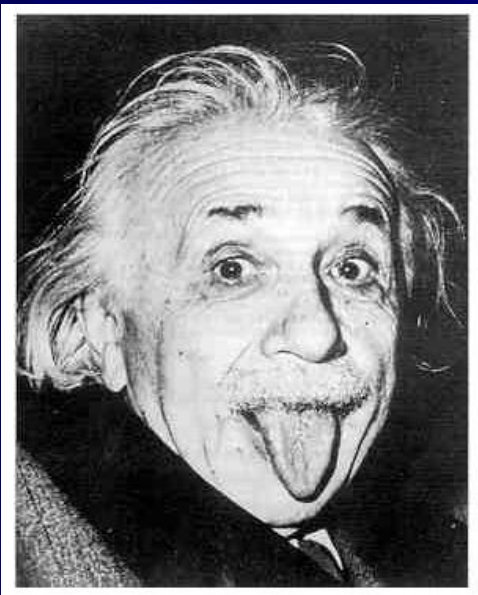


Urodził się w Polsce w 1924 roku
w Dąbrowicy (teraz Ukraina)



Jak badać egzotyczne cząstki?

- Egzotyczne cząstki żyją bardzo krótko
 - rozpadają się na “normalne” cząstki
 - istniały na początku Wszechświata
- Jak stworzyć je ponownie w laboratorium?



$$E = mc^2$$

- Koncentrując energię E : możemy stworzyć parę: cząstka-antycząstka, o masie (m) odpowiadającej użyciek energii E
 - naturalny proces zachodzący w gwiazdach, centrach galaktyk i przestrzeni kosmicznej!

Mechanika kwantowa



Louis de Broglie



$$\lambda = \frac{hc}{E}$$

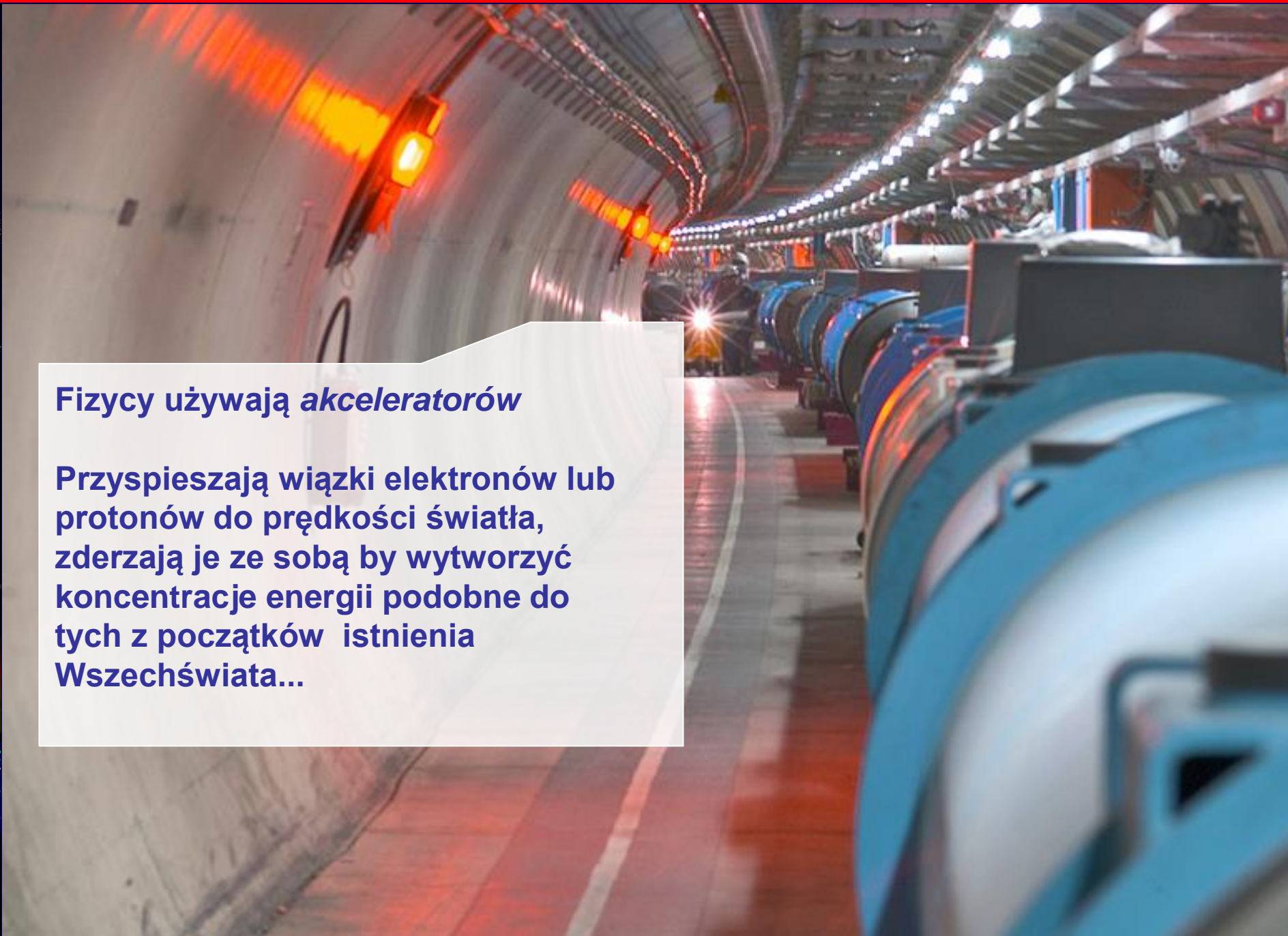


Jak wytworzyć egzotyczne cząstki?



Fizycy używają *akceleratorów*

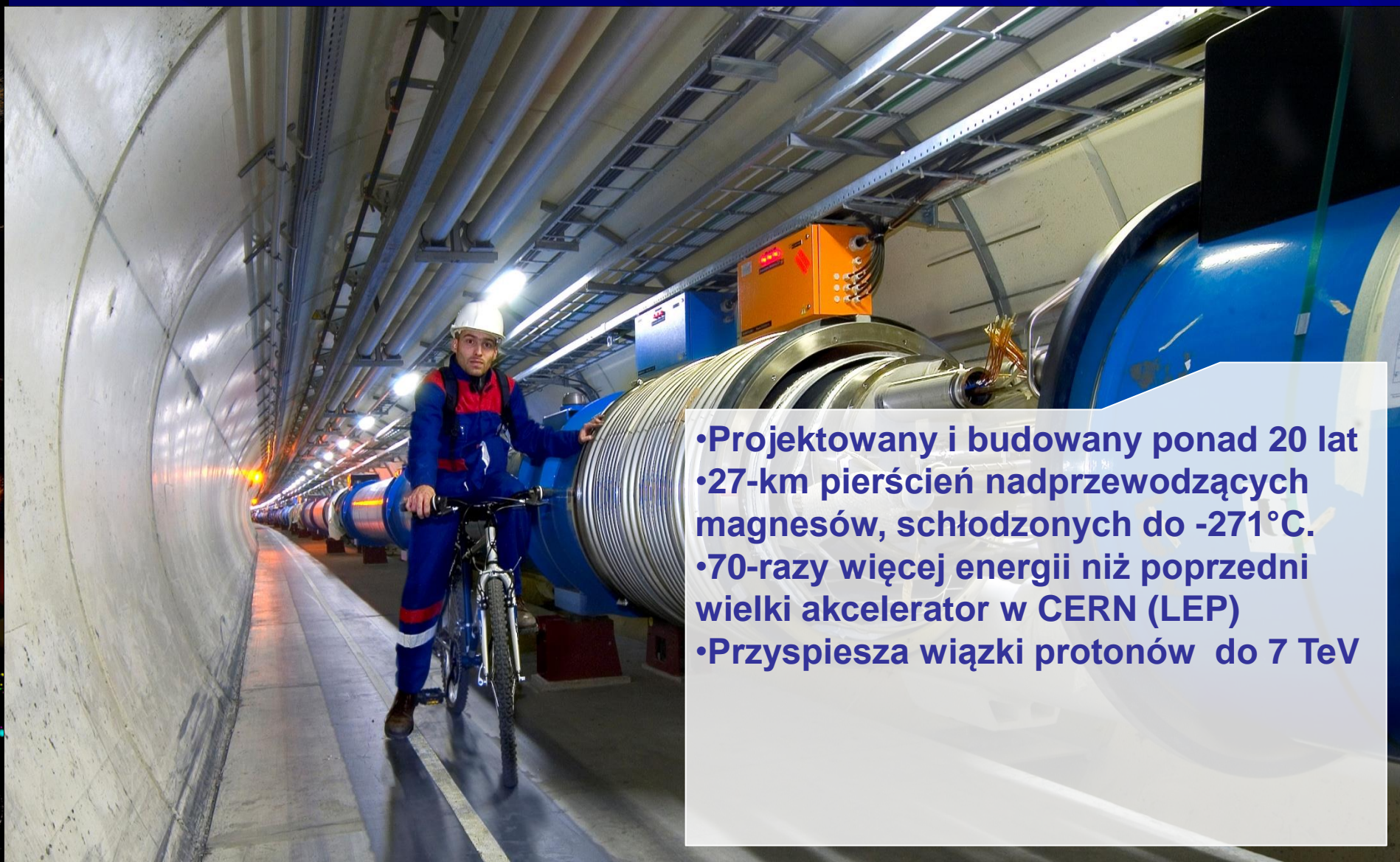
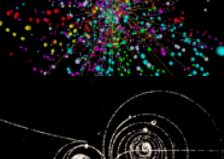
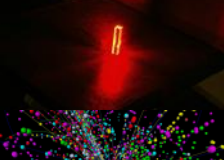
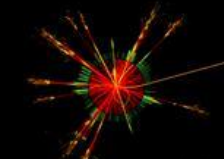
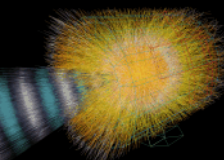
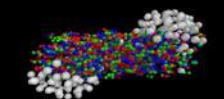
Przyspieszają wiązki elektronów lub protonów do prędkości światła, zderzają je ze sobą by wytworzyć koncentracje energii podobne do tych z początków istnienia Wszechświata...





LHC: Wielki Zderzacz Hadronów

■ Large Hadron Collider



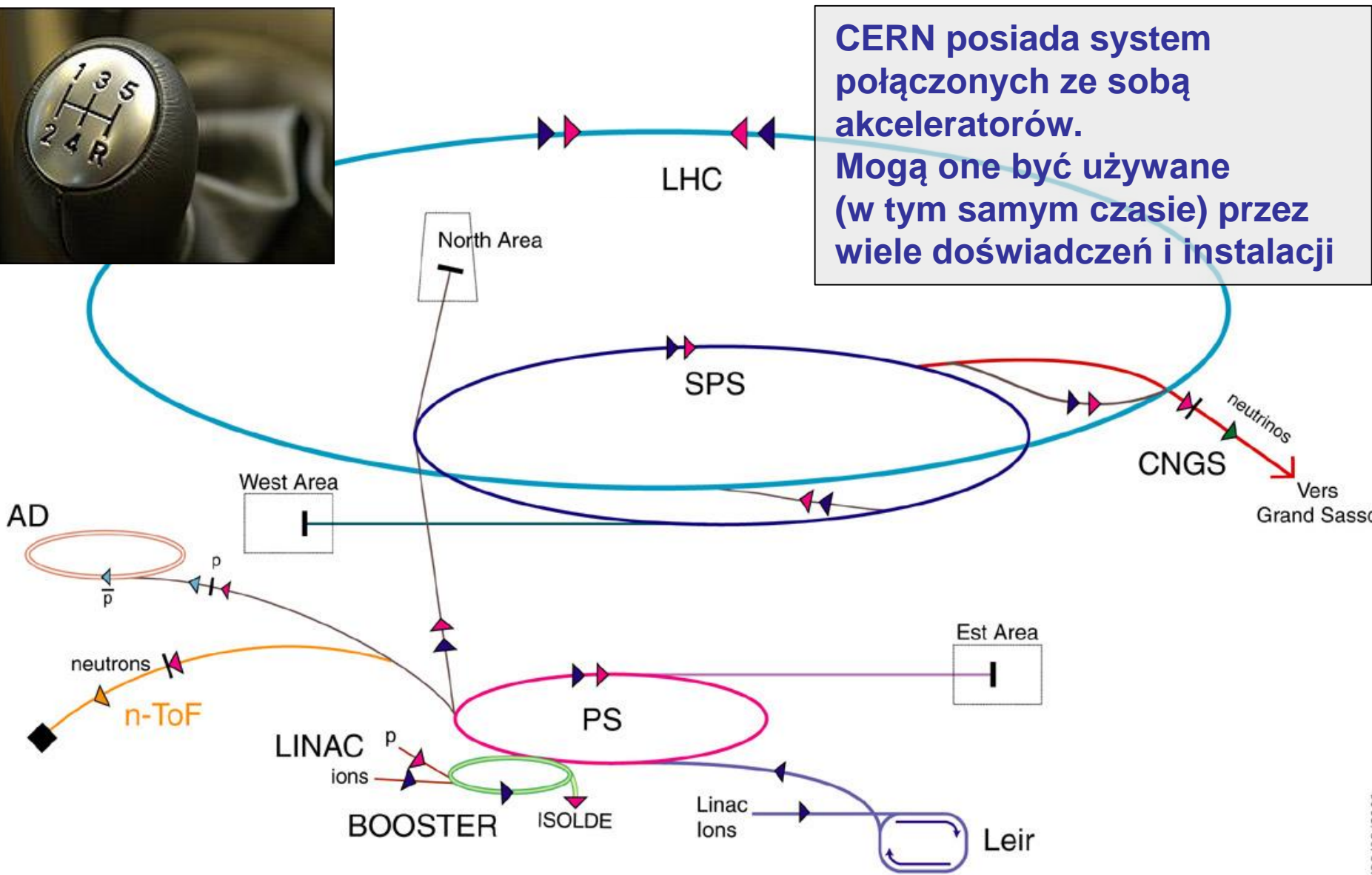
- Projektowany i budowany ponad 20 lat
- 27-km pierścień nadprzewodzących magnesów, schłodzonych do -271°C .
- 70-rzy więcej energii niż poprzedni wielki akcelerator w CERN (LEP)
- Przyspiesza wiązki protonów do 7 TeV



System akceleratorów w CERN:



CERN posiada system połączonych ze sobą akceleratorów. Mogą one być używane (w tym samym czasie) przez wiele doświadczeń i instalacji



- p (proton)
- ion
- neutrons
- \bar{p} (antiproton)
- proton/antiproton conversion
- neutrinos
- AD Antiproton Decelerator
- PS Proton Synchrotron
- SPS Super Proton Synchrotron
- LHC Large Hadron Collider
- n-ToF Neutrons Time of Flight
- CNGS Cern Neutrinos Grand Sasso



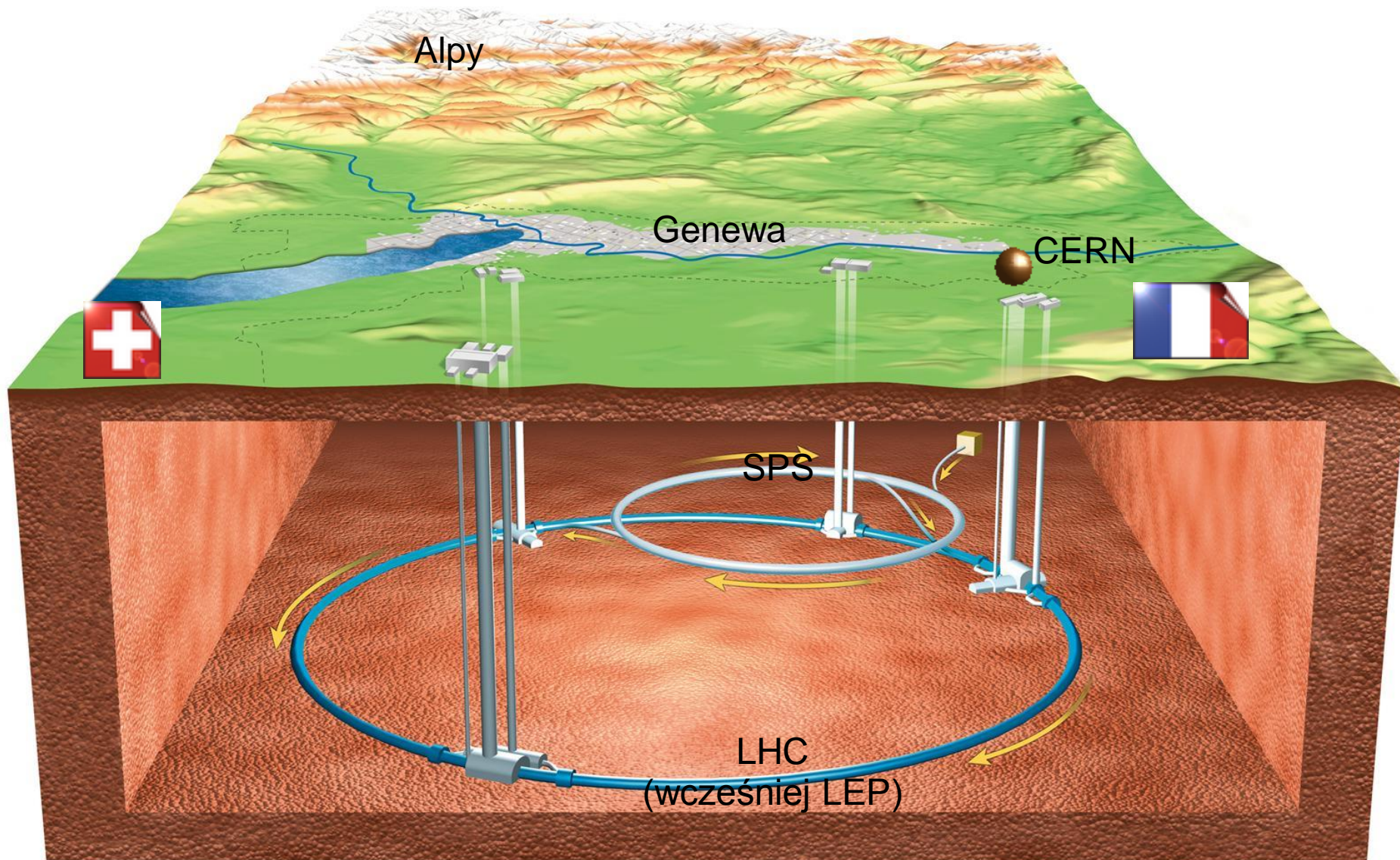
CERNowskie akceleratory





CERN: podziemny świat nauki

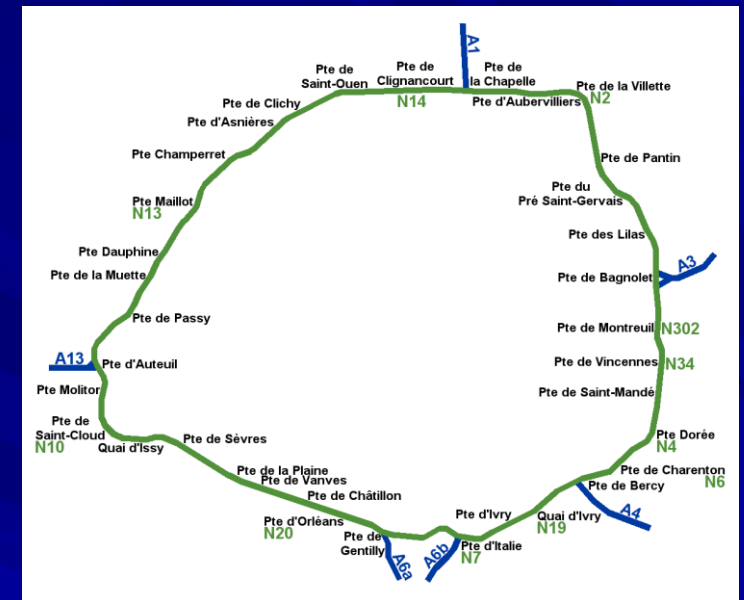
Największy z akceleratorów zainstalowany jest w 27-km tunelu, 100 metrów pod ziemią...





CERN: podziemny świat nauki

Analogia: autostrada naokolo Paryza – 35 km





LHC: ile to energii?

■ 7 TeV: energia lecącego komara

– Komar waży ~ 1 miligram (1/mln kg)



– Protony są dużo mniejsze!

■ Ważą 100 000 000 000 000 000 000 000 razy mniej ($1.6 \cdot 10^{-27}$ kg),
Rozmiar: 0.000 000 000 001 mm (10^{-15} m)

– ...ale przyspieszamy wiele naraz!

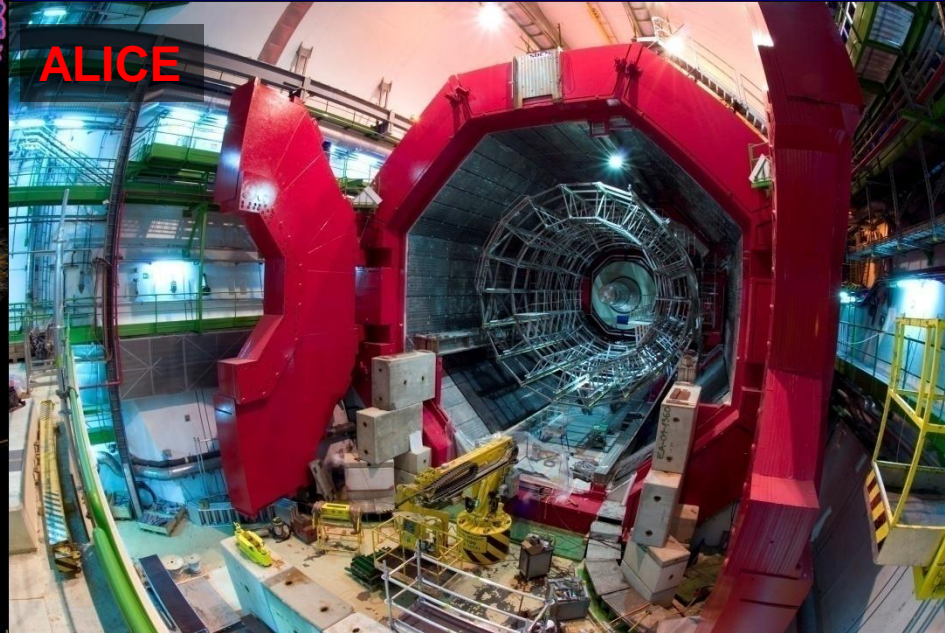
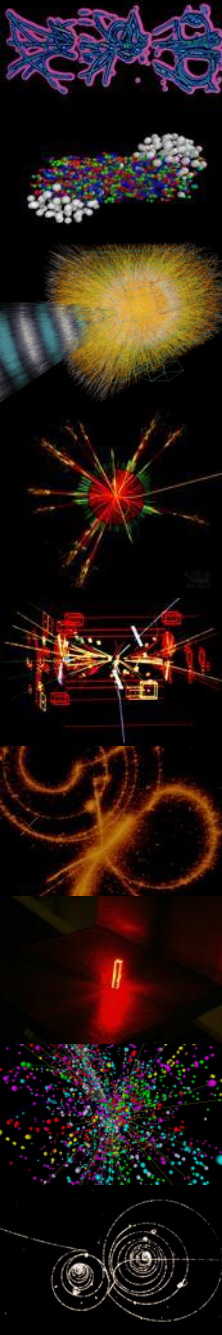
■ 2808 “paczek”, 10^{11} protonów każda

■ Całkowita E protonów w 2 wiązках: 400-t pociąg TGV 150 km/h !

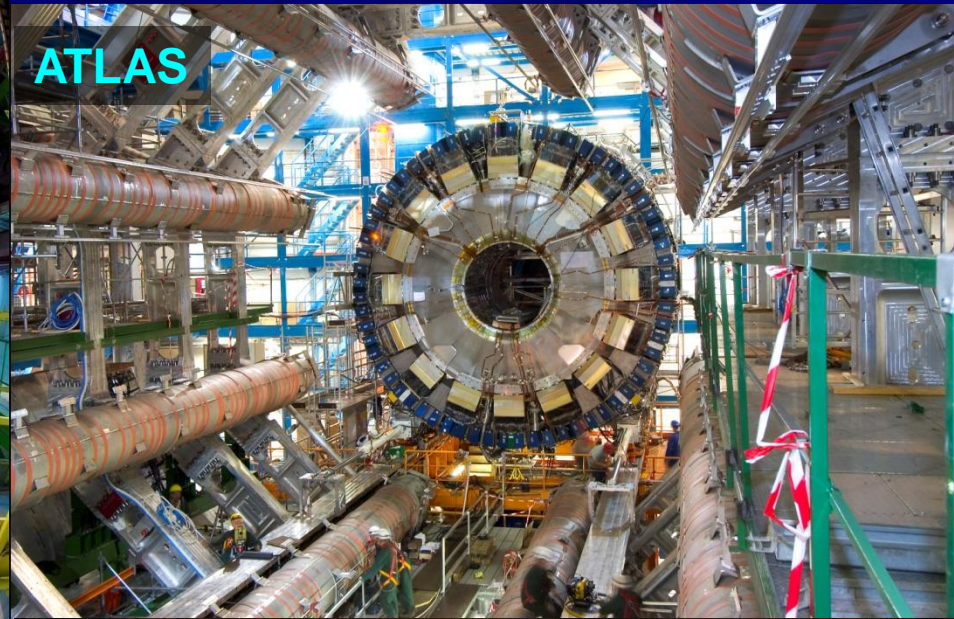




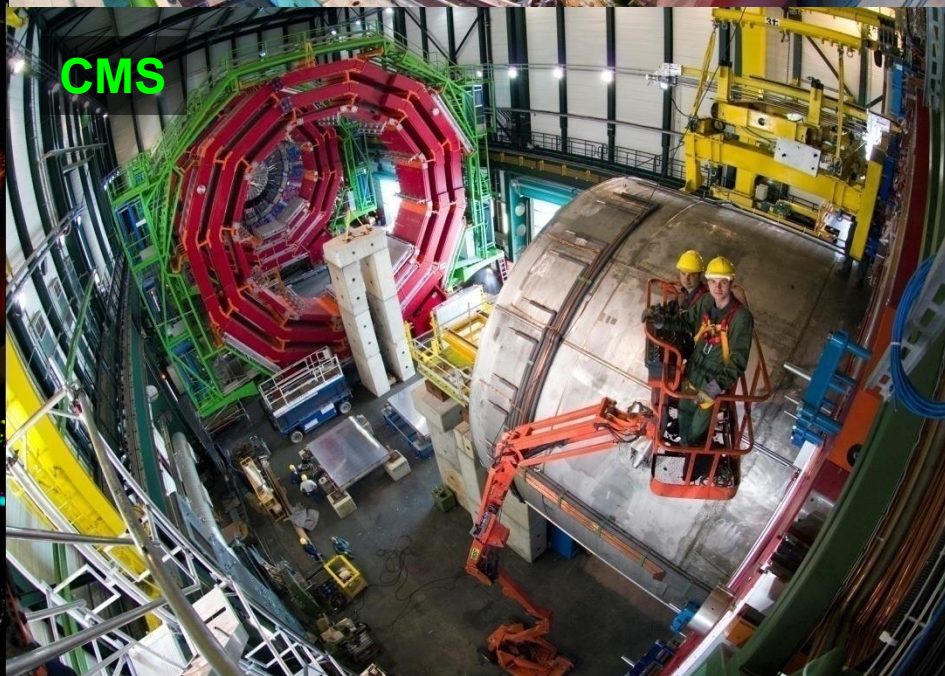
4 wielkie detektory na LHC



ALICE



ATLAS



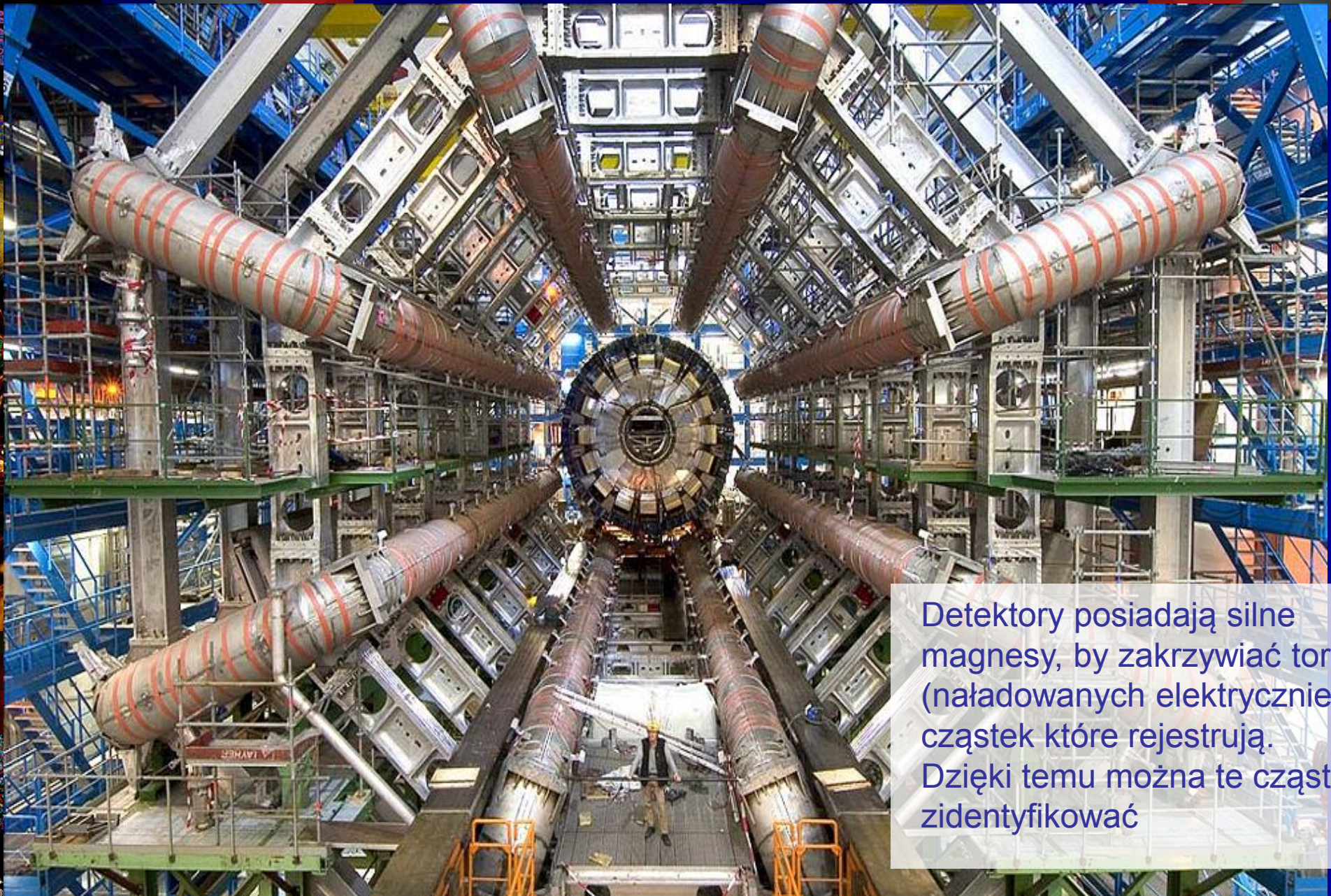
CMS



LHCb



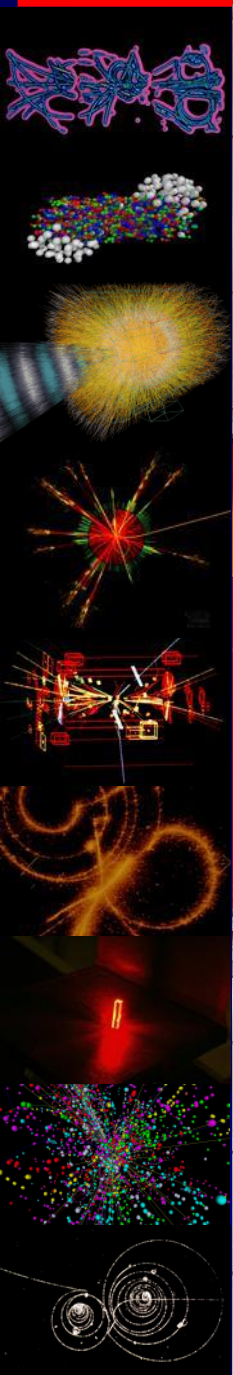
Detektory cząstek ... i magnesy



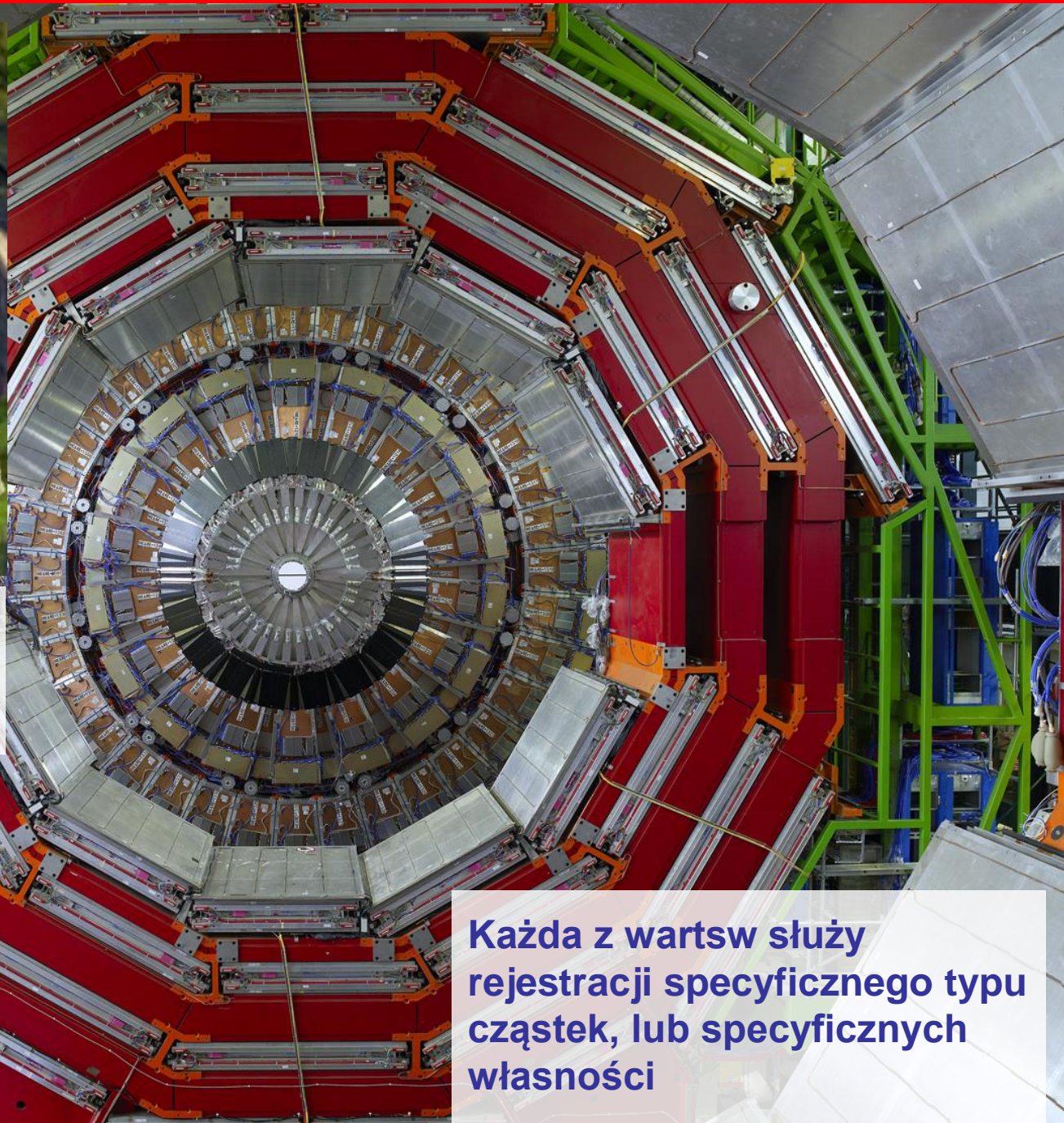
Detektory posiadają silne magnesy, by zakrzywić tory (naładowanych elektrycznie) cząstek które rejestrują. Dzięki temu można te cząstki zidentyfikować



Detektory cząstek



**Detektory (i Szrek)
są jak cebula:
mają warstwy**



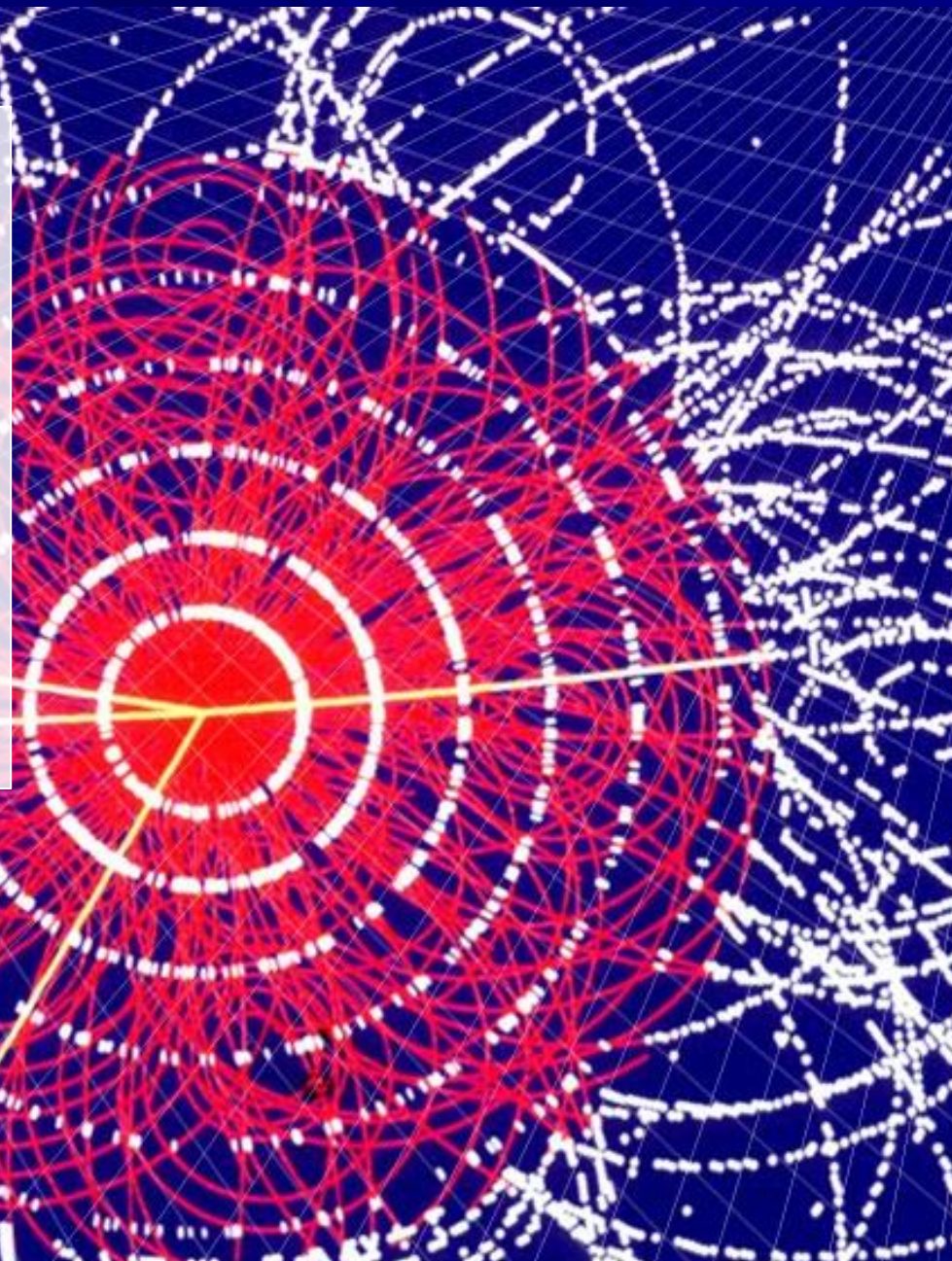
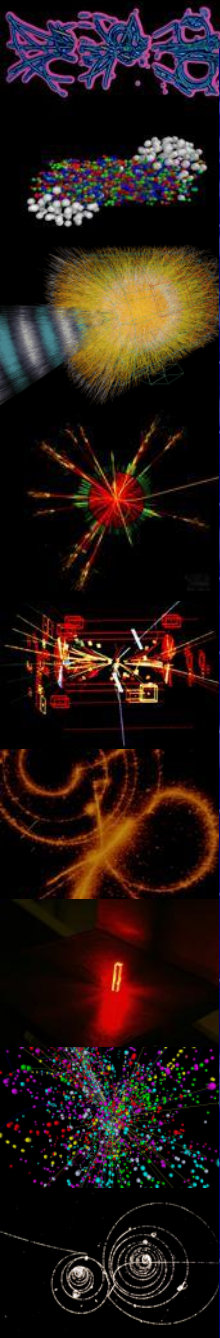
**Każda z warstw służy
rejestracji specyficznego typu
cząstek, lub specyficznych
własności**



Jak badać egzotyczne cząstki ?

Egzotyczne cząstki żyją krótko i rozpadają się w fajerwerk złożony z setek “zwykłych” wtórnych cząstek

Fizycy używają *detektorów cząstek* by obserwować i rejestrować wynik zderzenia, a następnie rozwiązać układankę złożoną z setek śladów “sfotografowanych” cząstek





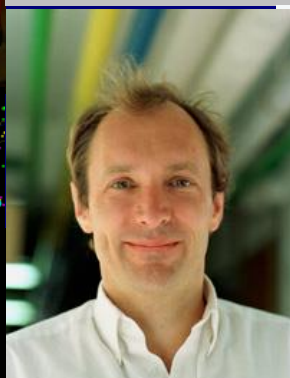
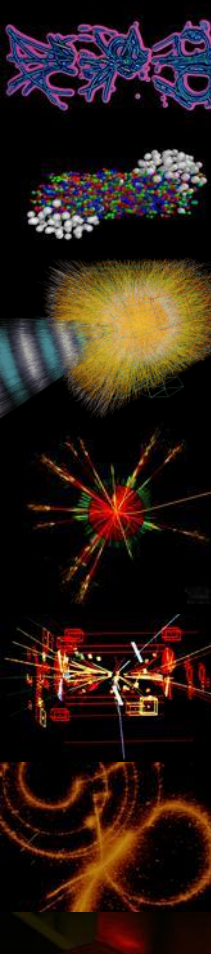
CERN: tu stworzono WWW...



World Wide Web ma swoje źródła w projekcie CERNu o kryptonimie ENQUIRE, zapoczątkowanym przez Tim'a Berners-Lee i Roberta Cailliau w 1989 roku.

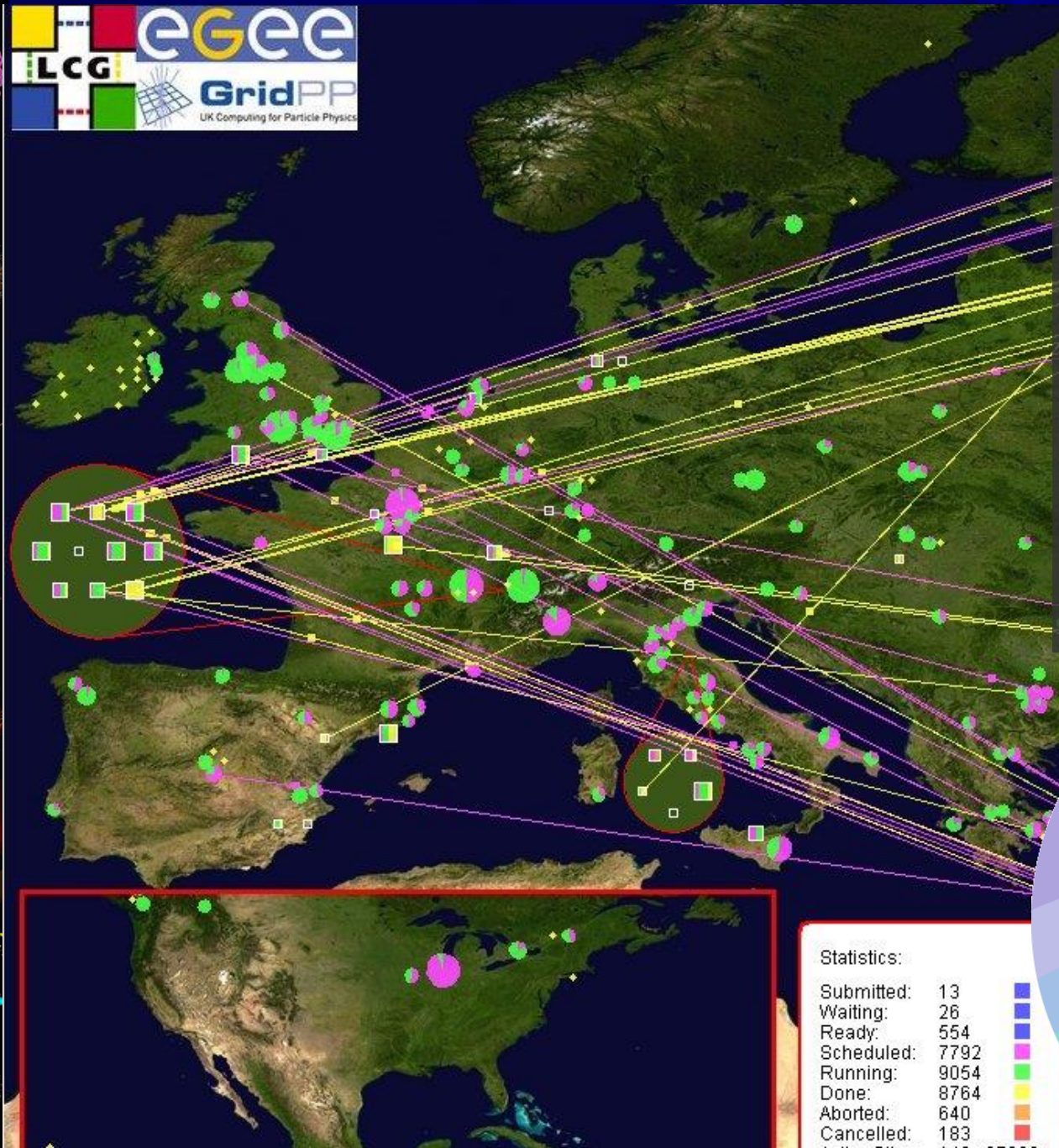
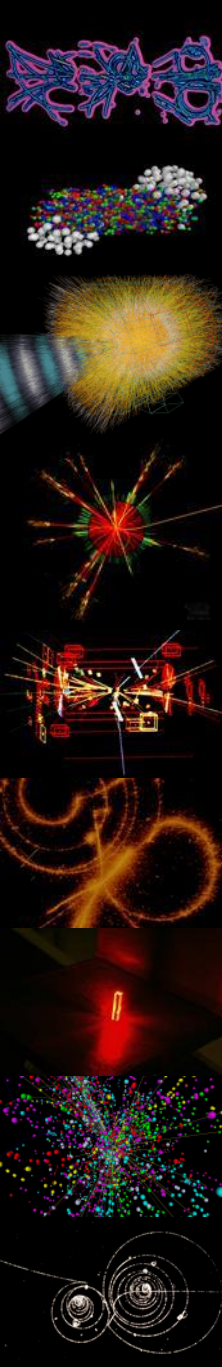
Pierwszy portal WWW powstał w 1991 roku.

30 kwietnia 1993, CERN zadeklarował iż World Wide Web będzie otwartą, ogólnodostępną technologią.



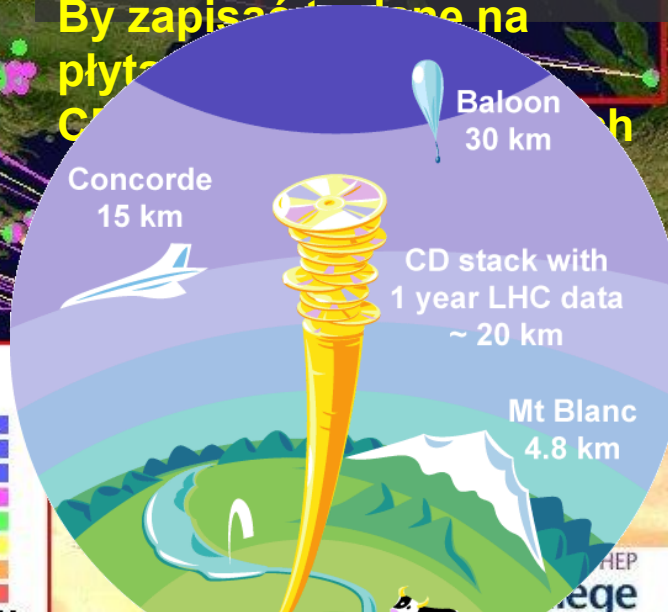


GRID



Setki tysięcy komputerów udostępnionych przez ośrodki komputerowe tworzące WLCG (Worldwide LHC Computing Grid) umożliwi przetwarzanie (i zapis!) 14 PB (petabajtów) danych rocznie, produkowanych przez eksperymenty na LHC.

By zapisać dane na płytę CD...



Statistics:

| | |
|------------|------|
| Submitted: | 13 |
| Waiting: | 26 |
| Ready: | 554 |
| Scheduled: | 7792 |
| Running: | 9054 |
| Done: | 8764 |
| Aborted: | 640 |
| Cancelled: | 183 |



Edukacja

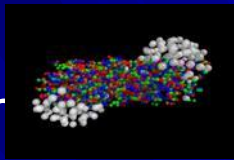
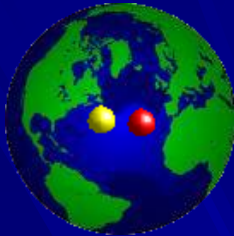




Podsumowanie

CERN: międzynarodowe laboratorium fizyczne:

- Fizycy z całego świata wspólnie poszukują odpowiedzi na *fundamentalne pytania* dotyczące Wszechświata
- Używając **akceleratorów** przyspieszają i zderzają ze sobą cząstki takie jak protony i elektrony; w tych zderzeniach powstają nowe, egzotyczne cząstki ($E=mc^2$)
- W 2008 roku uruchamiali akcelerator **LHC**, w 27-km tunelu, 100 metrów pod ziemią
- Używają olbrzymich **detektorów cząstek** by “obserwować” nowe cząstki; potrzebują bardzo wiele **mocy obliczeniowej (komputerów)** by zapisywać i przetwarzać dane produkowane w detektorach
- Różnorakie **zastosowania** wypracowanych technologii zmieniają naszą codzienność WWW, Grid, skanery medyczne
- Zadaniem CERNu jest też **edukacja**





Dziękuję za uwagę