

An aerial photograph of a city, likely CERN, with several circular tracks overlaid on the landscape, representing particle accelerators. The tracks are white lines on a green and brown terrain. The text is overlaid on the top half of the image.

W GLAB MATERII

**AKCELERATORY I
DETEKTORY
CZĄSTEK**

**WSZYSTKIE SKŁADNIKI MIKROŚWIATA MAJĄ
WŁASNOŚCI KORPUSKULARNE ORAZ FALOWE.**

**Energia i pęd cząstki o masie 'm' oraz tzw. „długość fali
de Broglie'a” wyrażają znane związki:**

$$\begin{aligned} E &= \hbar\omega \\ \vec{p} &= \hbar\vec{k} \\ |\vec{k}| &= \frac{2\pi}{\lambda} \\ \lambda &= \frac{2\pi\hbar}{|\vec{p}|} \end{aligned}$$

**ZWIĘKSZAJĄC PĘD CZĄSTEK
SONDUJĄCYCH ZMNIEJSZAMY
ICH DŁUGOŚĆ FALI ORAZ
ZWIĘKSZAMY ZDOLNOŚĆ
ROZDZIELCZĄ EKSPERYMENTU.**

**SŁUŻĄ DO TEGO RÓŻNE
AKCELERATORY.**

Jak działa akcelerator?

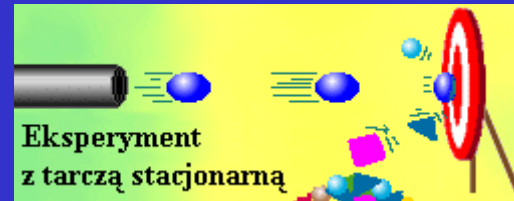
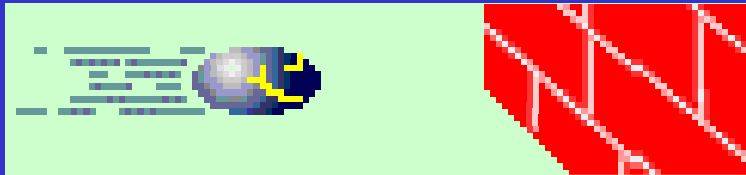
Jak działa akcelerator?

Z grubsza biorąc, akcelerator pobiera cząstkę, rozpędza ją za pomocą pól elektromagnetycznych i uderza nią w tarczę.

Tarczę otaczają detektory, rejestrujące poszczególne elementy zdarzenia.

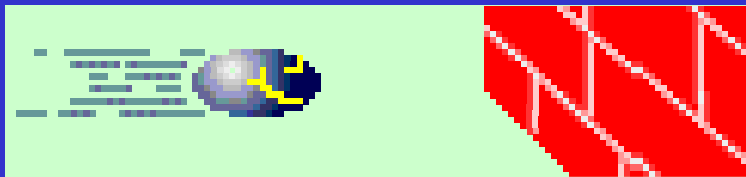
ZE WZGLĘDU NA RODZAJ ZDERZANIA AKCELERATORY DZIELIMY NA TYPY:

Z nieruchomą tarczą: cząstka uderza w nieruchomą tarczę.



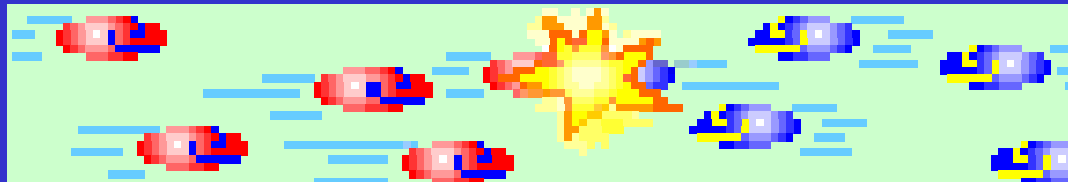
ZE WZGLĘDU NA RODZAJ ZDERZANIA AKCELERATORY DZIELIMY NA TYPY:

Z nieruchomą tarczą: cząstka uderza w nieruchomą tarczę.



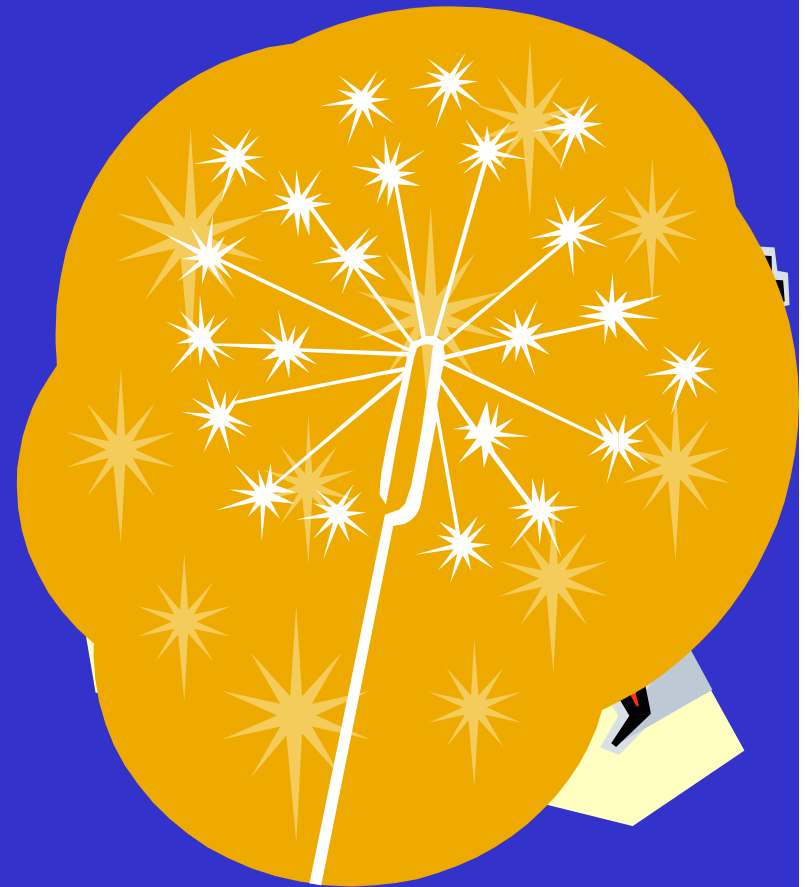
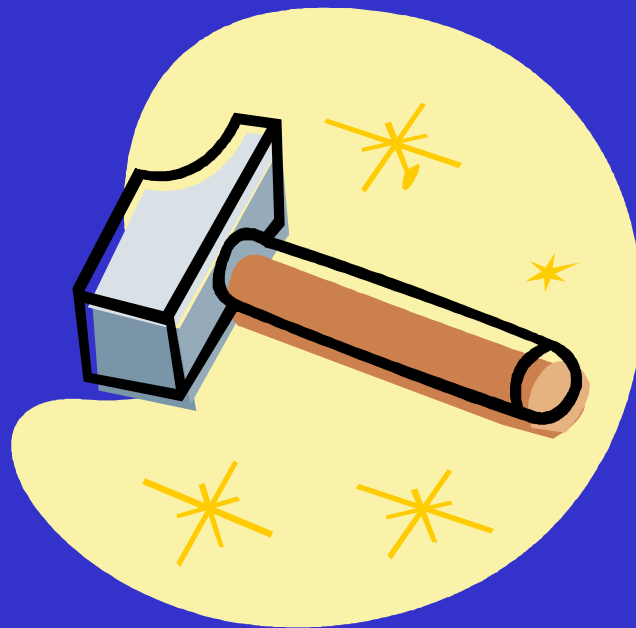
Zderzające się wiązki przeciwbieżne:

dwie wiązki cząstek lecące z przeciwnych kierunków przechodzą przez siebie.



Jak robimy eksperyment w celu
poznania wnętrza zegarka ?

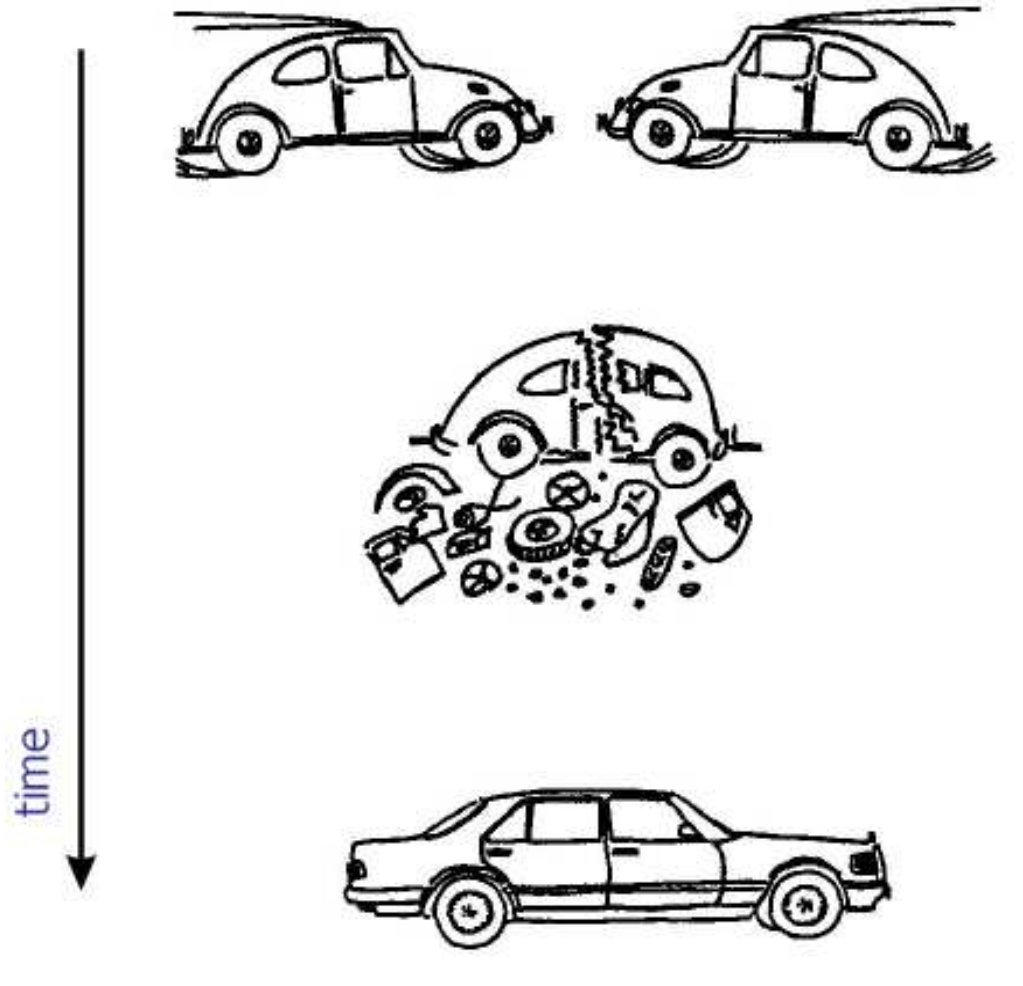
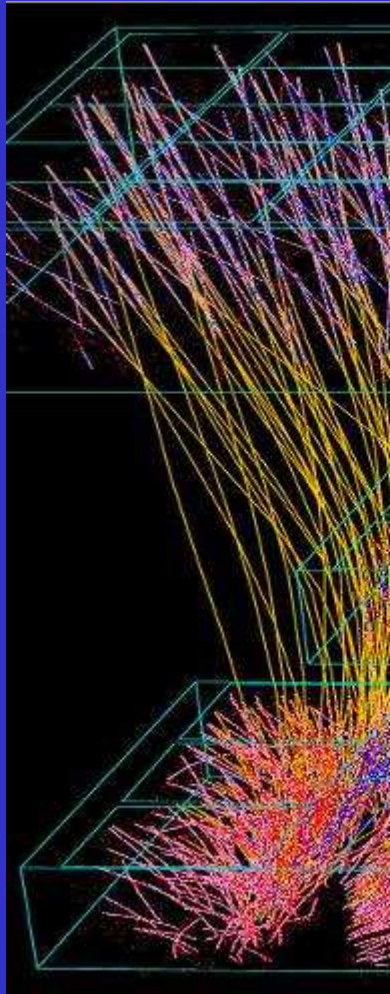
Zasada jest prosta:



Pytania ?

- Czy z lecących szczątków da się zrekonstruować zegarek i zgadnąć jak działa !
- To bardzo prymitywne przedstawienie ale dość trafnie odzwierciedla
eksperyment ze stałą tarczą.
- A gdyby tak zderzyć dwa zegarki ??
to będzie eksperyment na zderzaczach
(wiązki przeciwbieżne)

Dostaniemy szczątki (ale nie tylko!)

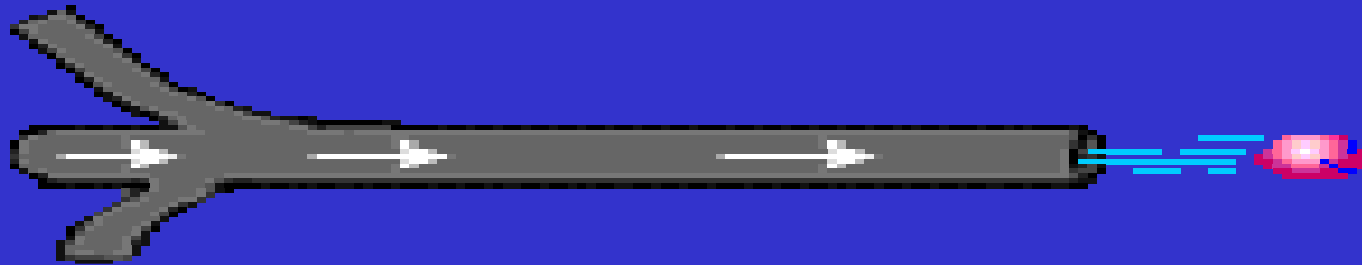


Cartoon by Claus Grupen, University of Siegen

ZE WZGLĘDU NA KSZTAŁT AKCELERATORY
DZIELIMY NA:

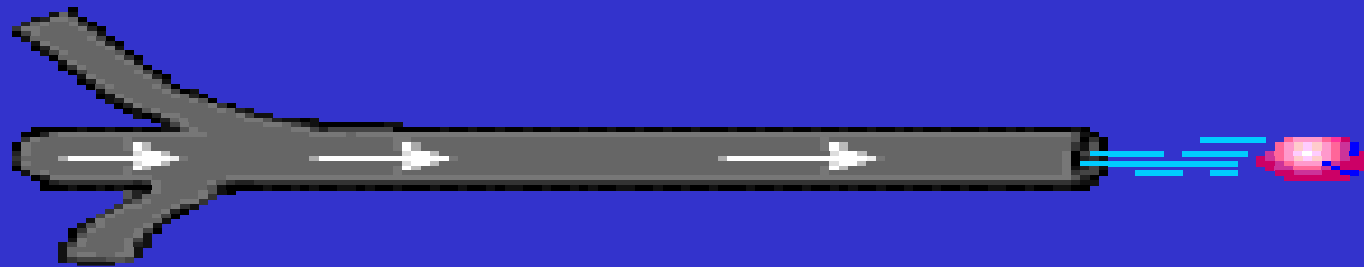
ZE WZGLĘDU NA KSZTAŁT AKCELERATORY DZIELIMY NA:

LINIOWE, w których cząstka rozpoczyna ruch na jednym końcu tuby i kończy na drugim.

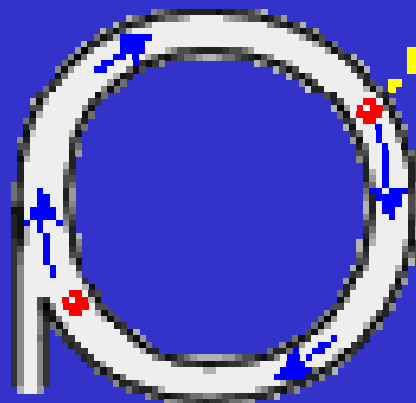


ZE WZGLĘDU NA KSZTAŁT AKCELERATORY DZIELIMY NA:

LINIOWE, w których cząstka rozpoczyna ruch na jednym końcu tuby i kończy na drugim.

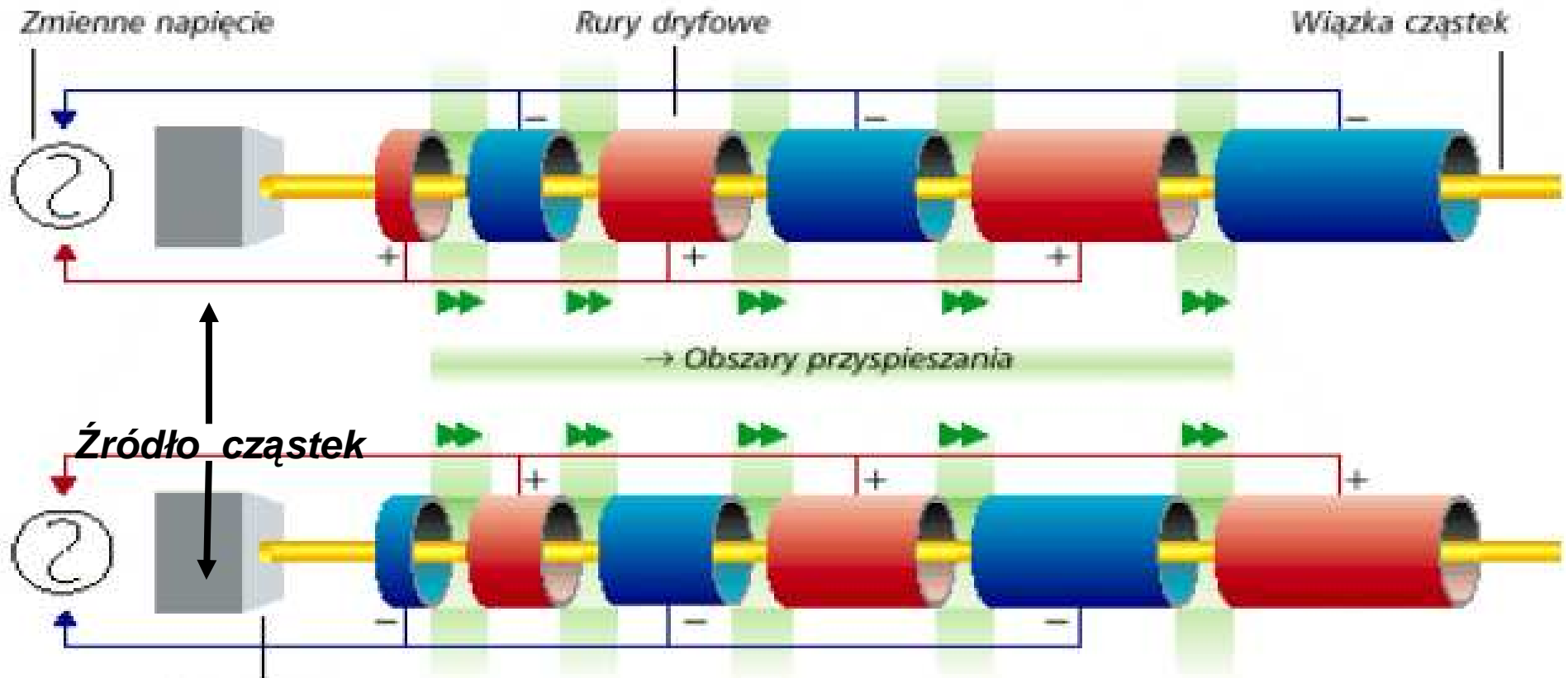


KOŁOWE, w kształcie okręgu, wzdłuż którego cząstka krąży wielokrotnie dookoła.



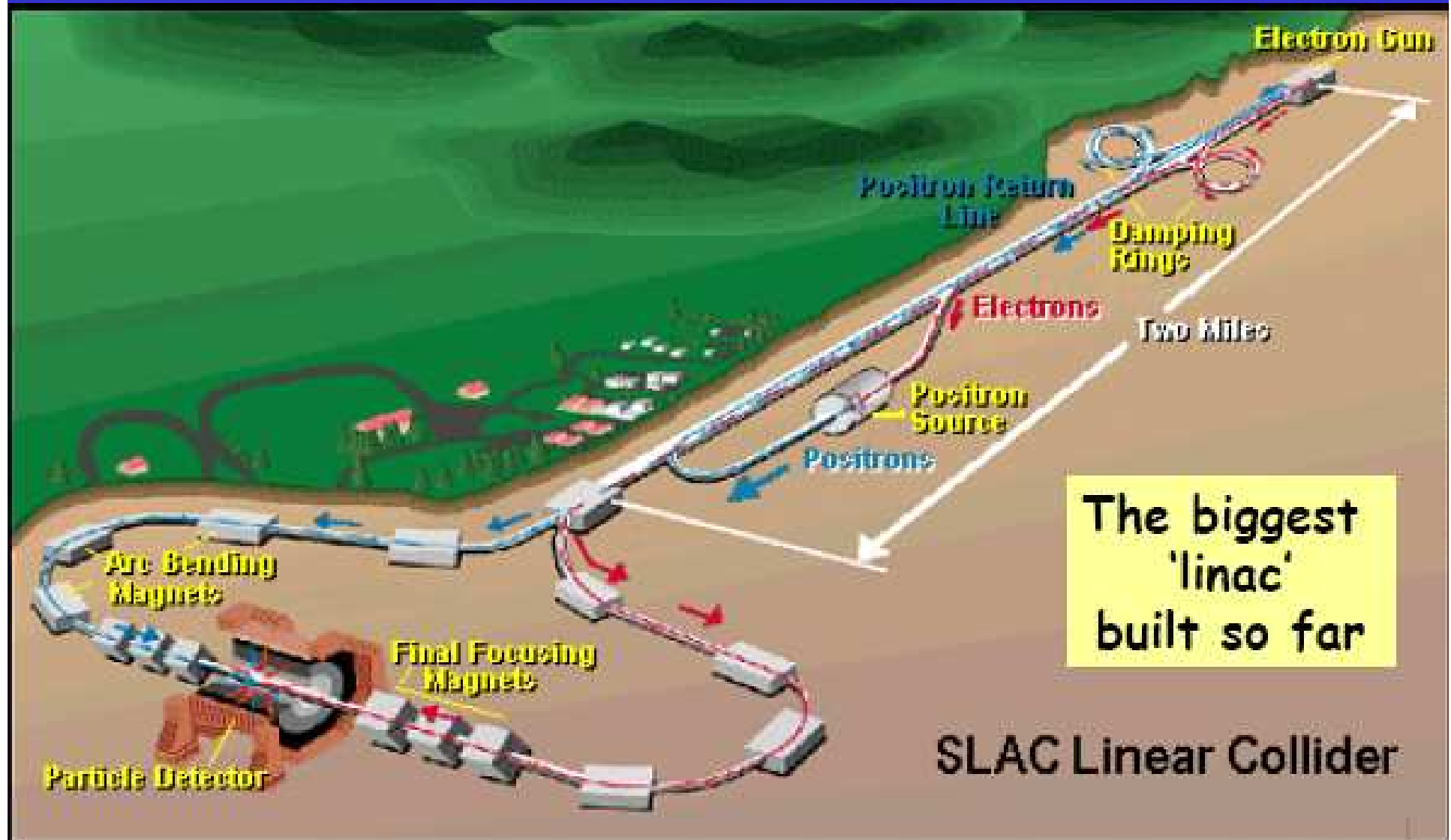
Kręci mi się
w głowie!

AKCELERATOR LINIOWY W.CZ. - zasada działania.



Cząstka (naładowana) jest pomiędzy elektrodami przyspieszana przez pole elektryczne zmieniające swój znak tak aby zawsze wypadło przyspieszanie. Wewnątrz rur elektrodowych cząstka jest ekranowana i leci ze stałą prędkością.

Stanford Linear Accelerator Center w Kalifornii, USA.

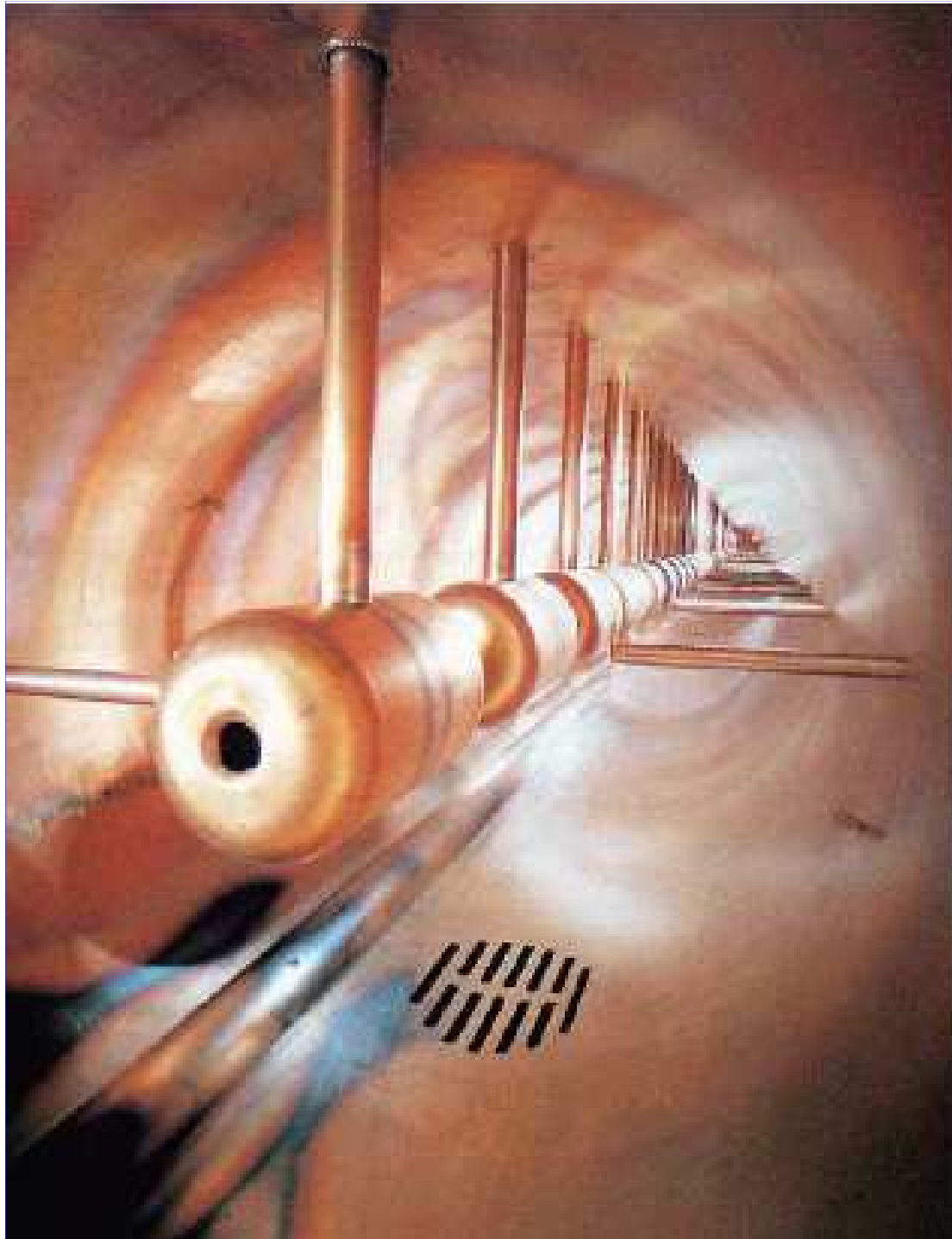


Stanford Linear Accelerator Center w Kalifornii, USA.



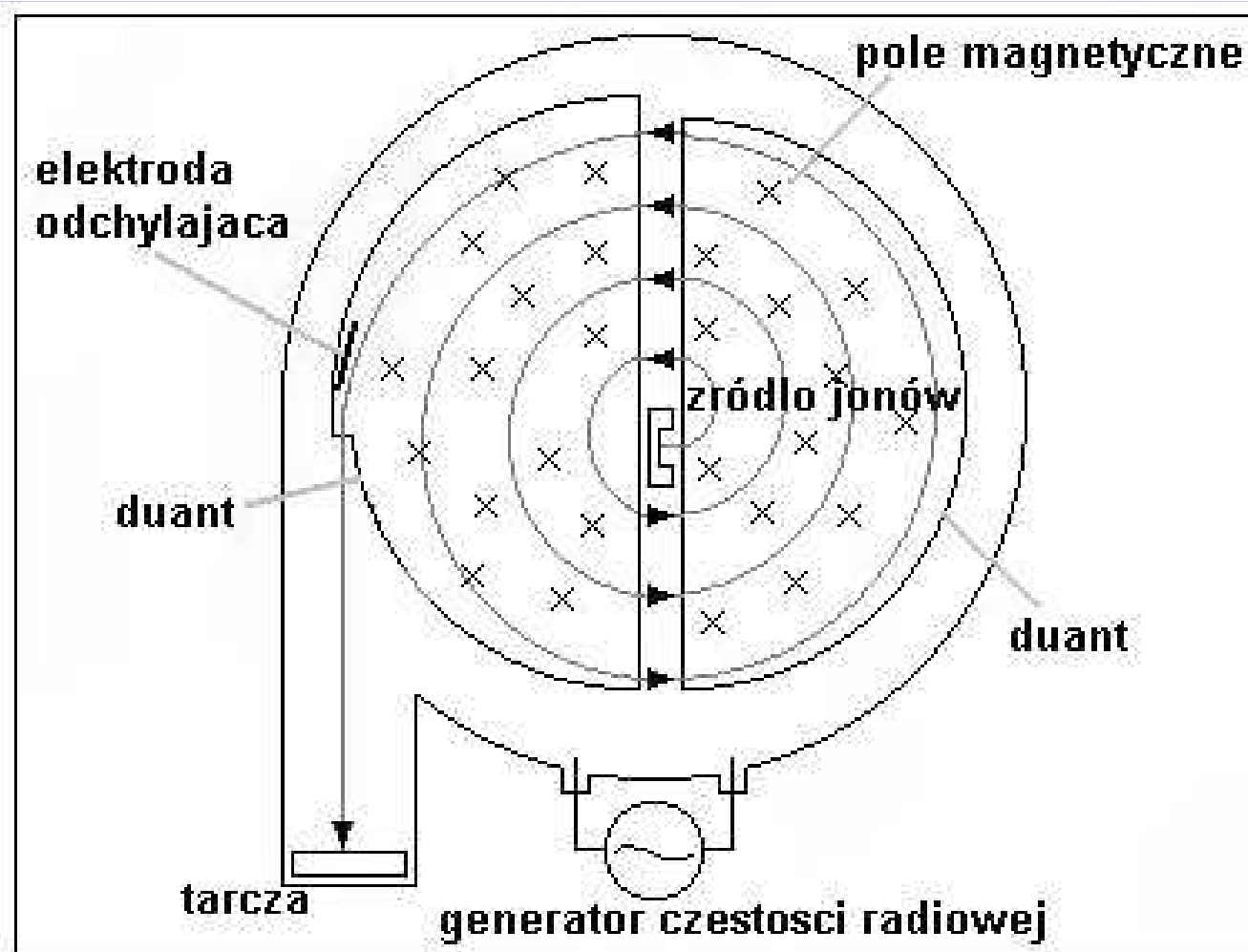


**THE UNDERGROUND
TWO MILE STANFORD
HIGH ENERGY PARTICLE
ACCELERATOR**



Liniowy akcelerator
protonów w centrum
FermiLab w USA
(koło Chicago).

AKCELERATORY KOŁOWE - CYKLOTRON



Cyklotron. Jony dodatnie wytwarzane wewnątrz urządzenia, są wielokrotnie przyspieszane między duantami - zataczają coraz większe tory kołowe prostopadle do kierunku pola.

SYNCHROTRON

Zamiast „spiralnej” orbity o zmiennym promieniu korzystniej jest utrzymywać przyspieszane cząstki na orbicie o stałym promieniu. Trzeba wówczas w zsynchronizowany sposób zwiększać pole magnetyczne wokół toru cząstek.

Schemat synchrotronu



Tu cząstki przyspieszane są w kilku wnękach rezonansowych.

Częstość przyspieszającego pola elektrycznego zsynchronizowana z kołową częstością orbitalną.

Największe akceleratory

Badania fizyki cząstek koncentrują się dużych ośrodkach:

- CERN w Genewie (LEP, SPS, LHC)
- DESY w Hamburgu (HERA)
- Fermilab pod Chicago (Tevatron)
- SLAC w Stanford, Kalifornia (SLC)
- KEK w Japoni

ZWIEDZIMY NIEKTÓRE Z NICH.



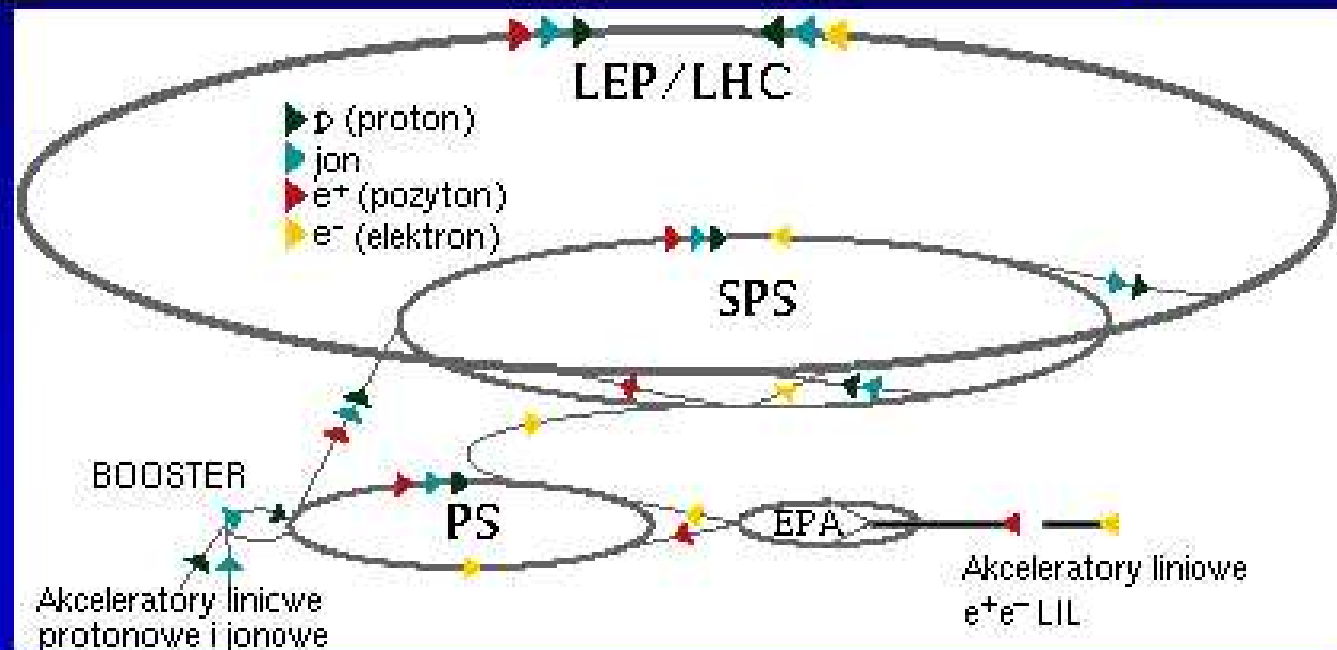
LEP/LHC, CERN, Genewa
27 km obwodu !!!



Zestaw akceleratorów w CERN



SPS



Liniac (500 MeV elek, 50 MeV prot, 4.2 MeV/nukl),

EPA (Electron-Positron Accumulator)

PS - Proton Synchrotron 28 GeV

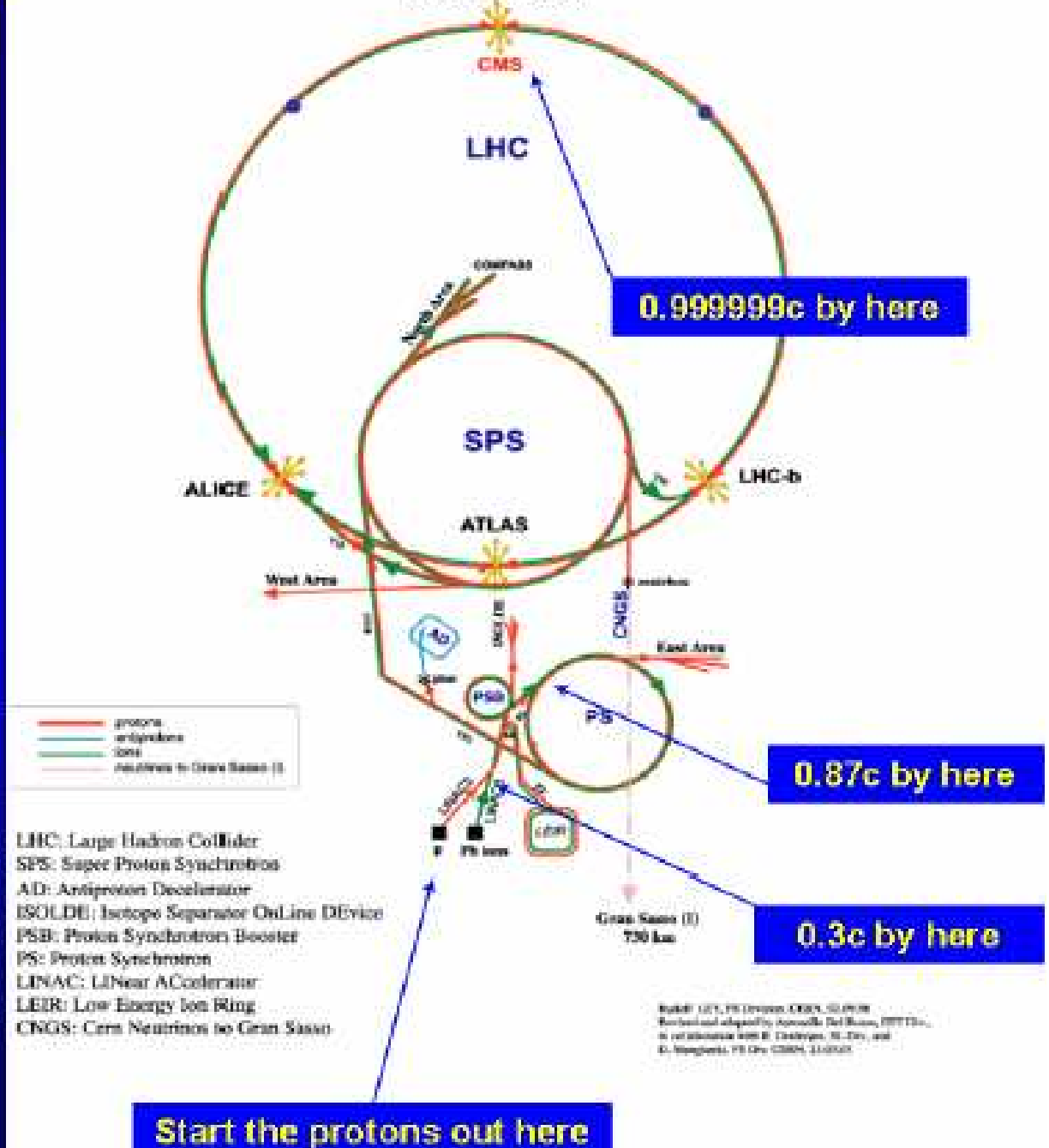
SPS - Super Proton Synchrotron, obwód 6 km, prot 450 GeV

LEP - Large Electron Positron collider, obwód 27 km, ~100 GeV

Zestaw akceleratorów w CERN



CERN Accelerators (not to scale)





Zestaw akceleratorów w CERN



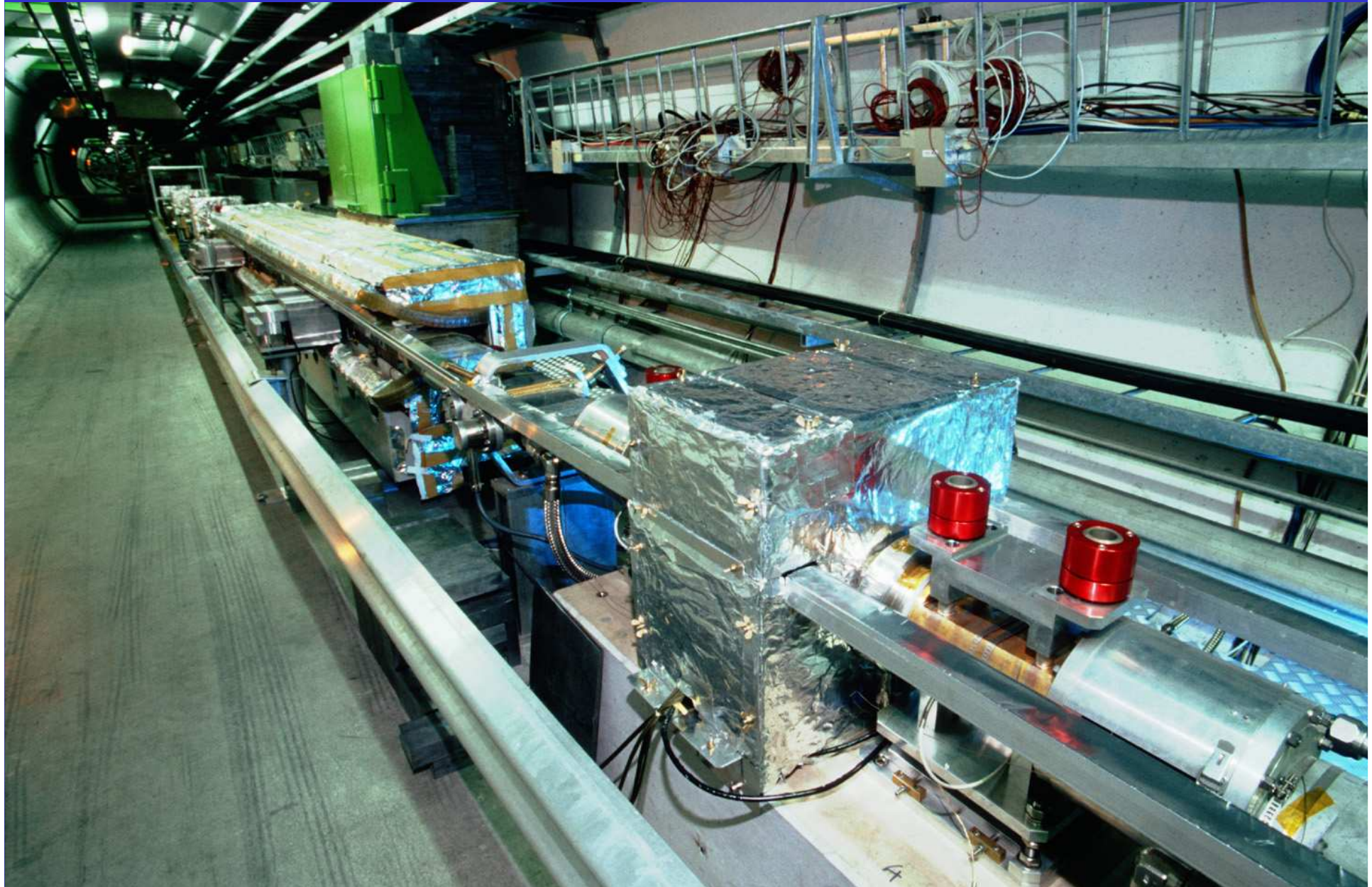
LEP



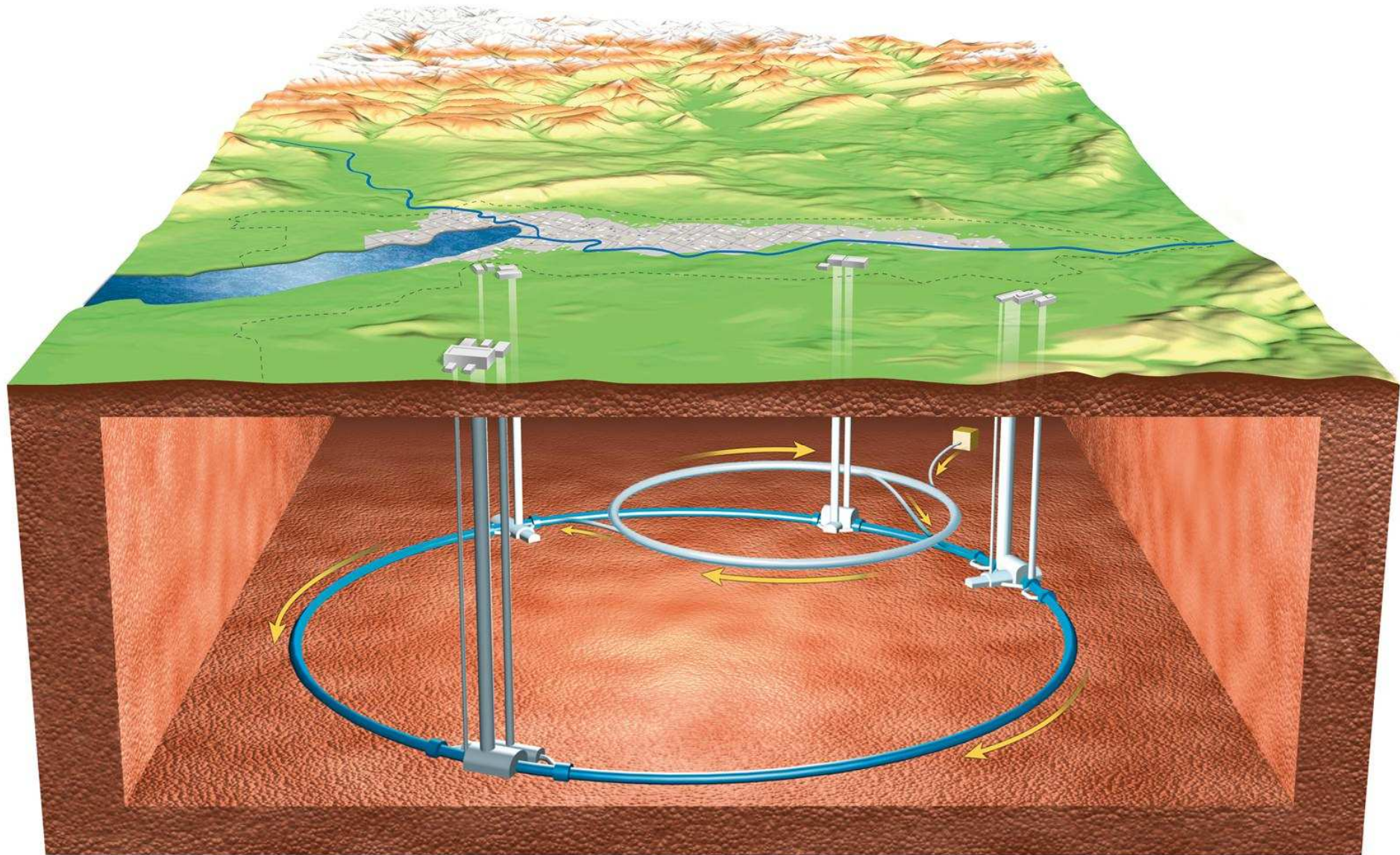
LHC

50 do 175m pod ziemią
tunel 3.8 m średnicy
Pierwsza wiązka koniec 2007
2 wiązki protonów po 7 TeV
Nadprzewodzące magnesy
W ciekłym helu

LEP - fragment tunelu



SCHEMAT PODZIEMNEGO UMIESZCZENIA LEP I LHC WE WSPÓLNYM TUNELU O OBWODZIE 27 KM





**LHC w budowie;
Wprowadzanie elementów
głównego pierścienia
do tunelu.**



LHC - kolejne stadia budowy.



LHC - kolejne stadia budowy.

DETEKTORY CZĄSTEK WSPÓŁPRACUJĄCE Z WIELKIMI AKCELERATORAMI

DO LAT 60-TYCH CZĄSTKI ELEMENTARNE REJESTROWANO GŁÓWNIIE
JAKO ŚLADY W EMULSJACH I NA KLISZACH FOTOGRAFICZNYCH.

POZWALAŁO TO REJESTROWAĆ I ANALIZOWAĆ TYLKO CZĄSTKI O
CZASACH ŻYCIA NIE KRÓTSZYCH NIŻ $\tau = 10^{-10}$ sekundy.

W TYM BOWIEM CZASIE CZĄSTKA ROZPĘDZONA DO PRĘDKOŚCI
BLISKICH PRĘDKOŚCI ŚWIATŁA „c” PRZEBIEGNIE DROGĘ OK. 3cm.

Dla większości hadronów $\tau \lll 10^{-16}$ s i ich tory ruchu nie są
bezpośrednio rejestrowalne. Rejestruje się dopiero ich bardziej długożyciowe
produkty rozpadu.

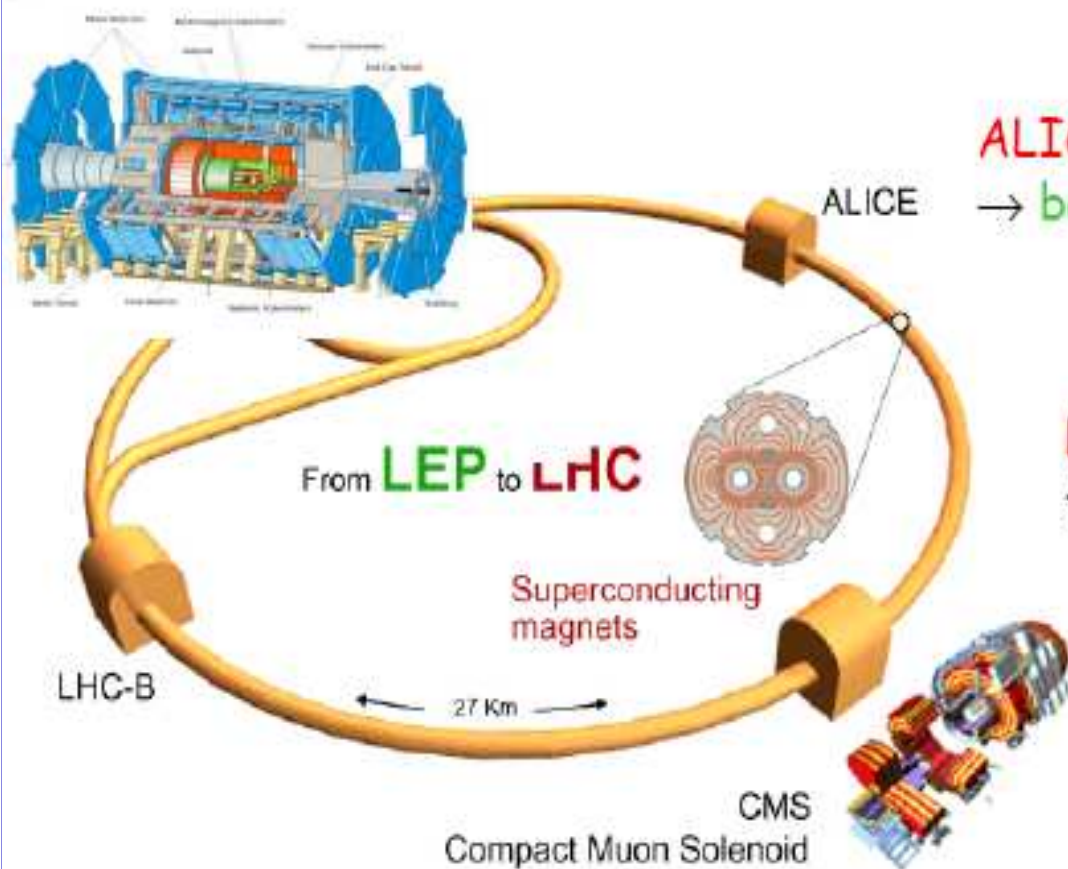
**ISTNIEJE WIELE RÓŻNYCH TYPÓW
DETEKTORÓW CZĄSTEK.**

**TU PRZEDSTAWIMY BLIŻEJ WIELKIE
DETEKTORY WSPÓŁPRACUJĄCE W
„CERN-NIE” Z NOWYMI WIELKIMI
ZDERZACZAMI LHC I LEP .**

DETEKTORY ZAINSTALOWANE NA OBWODZIE LHC

ATLAS, CMS - eksperymenty pp ogólnego zastosowania

Poszukiwania Higgsa, SUSY i zjawisk niezwykłych



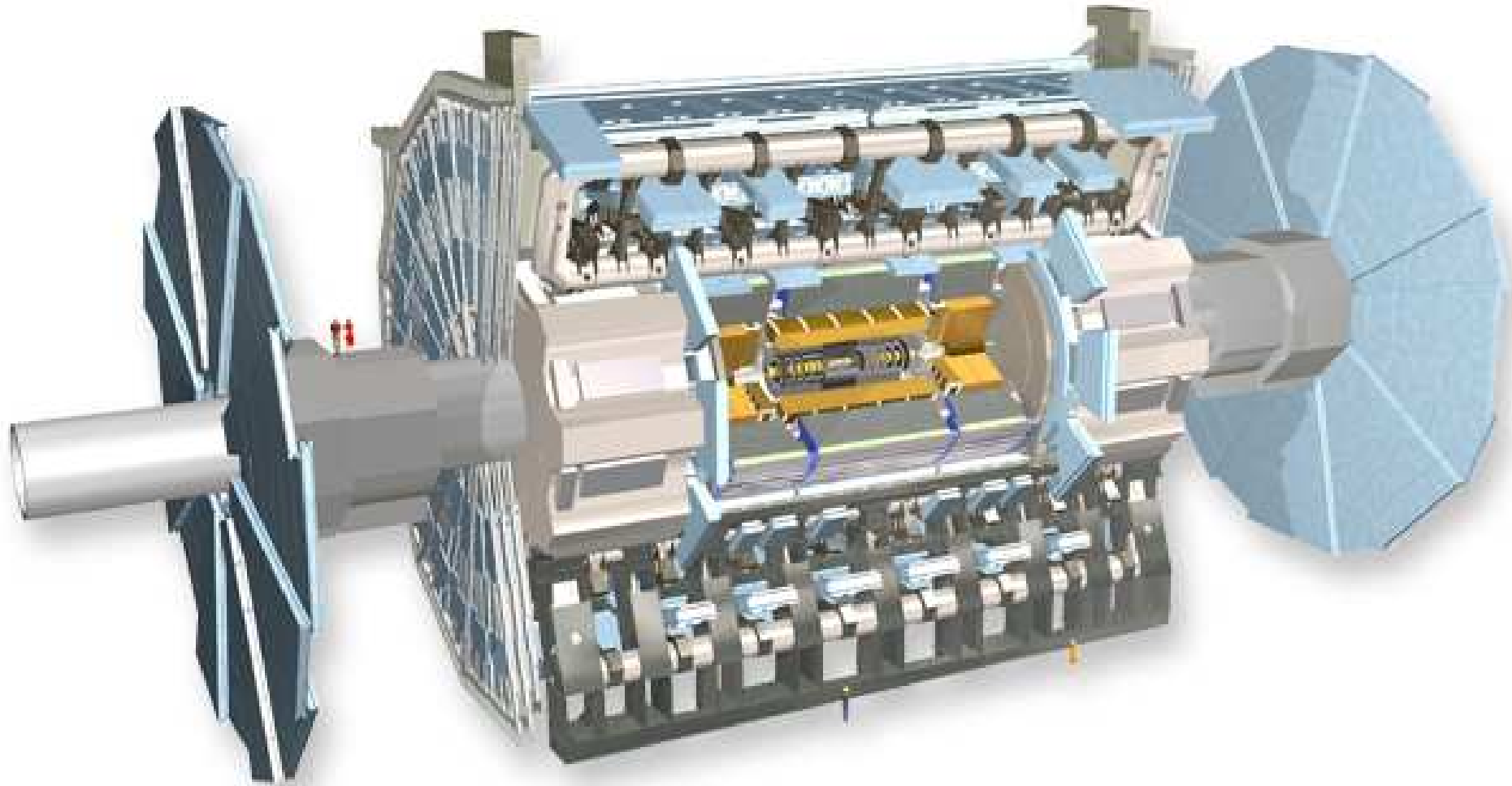
ALICE - eksperyment ciężkich jonów
→ badania plazmy kwarkowo-gluonowej

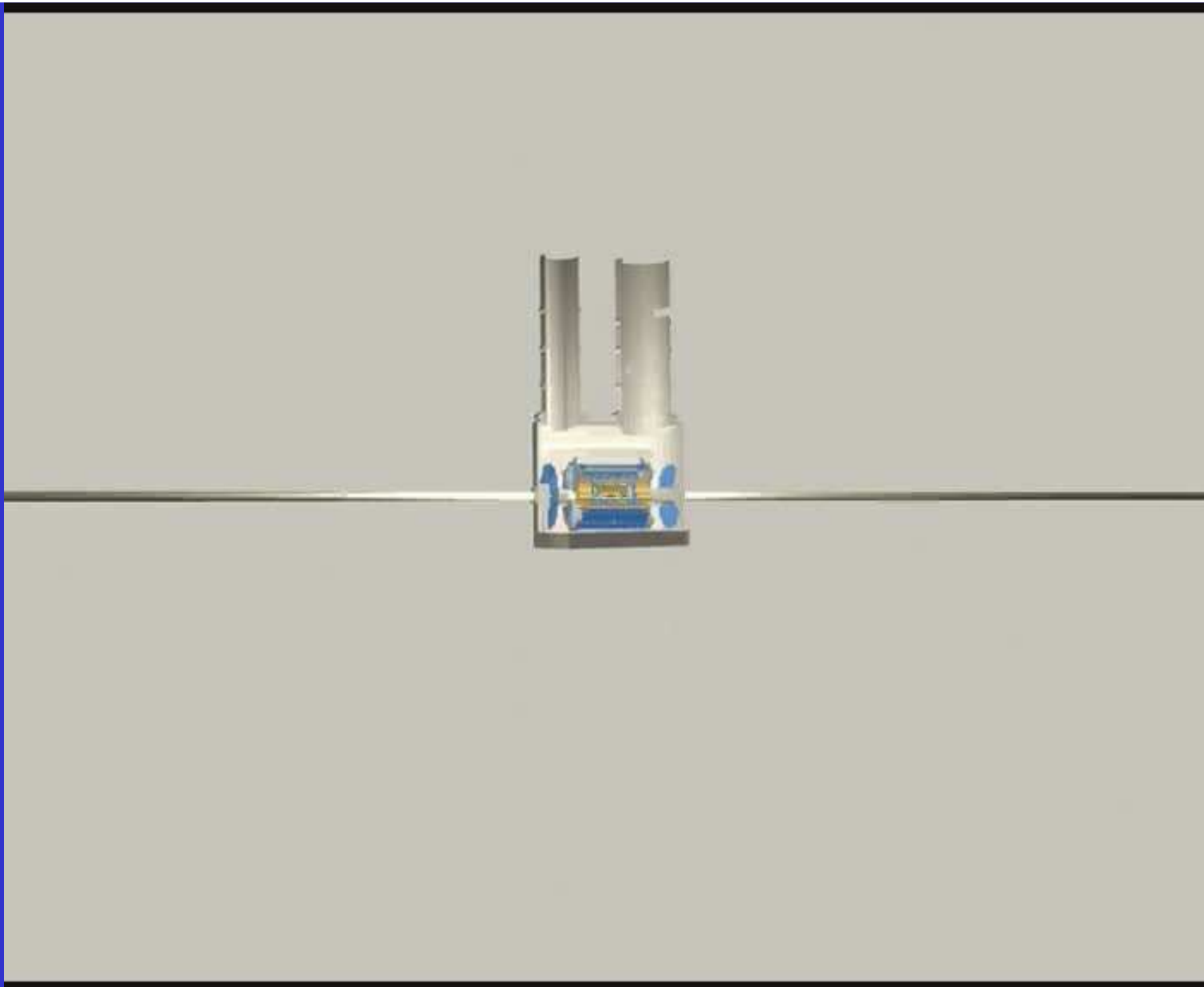
LHCb - eksperymenty pp dedykowane fizyce kwarków b i łamaniu CP

zagadka asymetrii między materią i antymaterią - LHCb

DETEKTOR ATLAS

ATLAS = A TOROIDAL LHC APPARATUS





REJESTRACJA ŚLADÓW

Długość : ~ 46 m

Średnica : ~ 25 m

Waga : ~ 7 000 ton

System mionowy

Kalorymetr EM

149 instytutów

1568 autorów

Solenoid

Forward Calorimeters

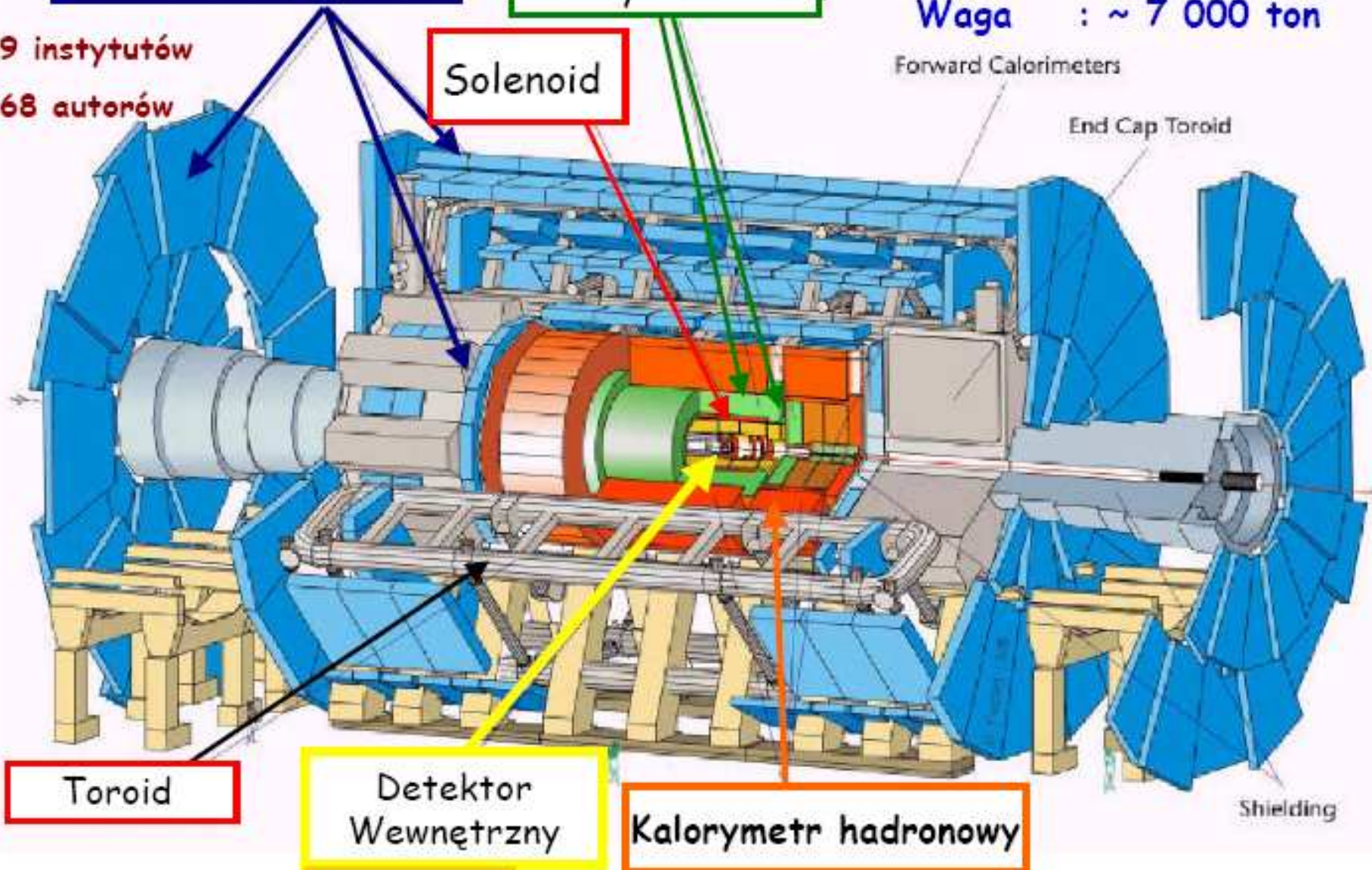
End Cap Toroid

Toroid

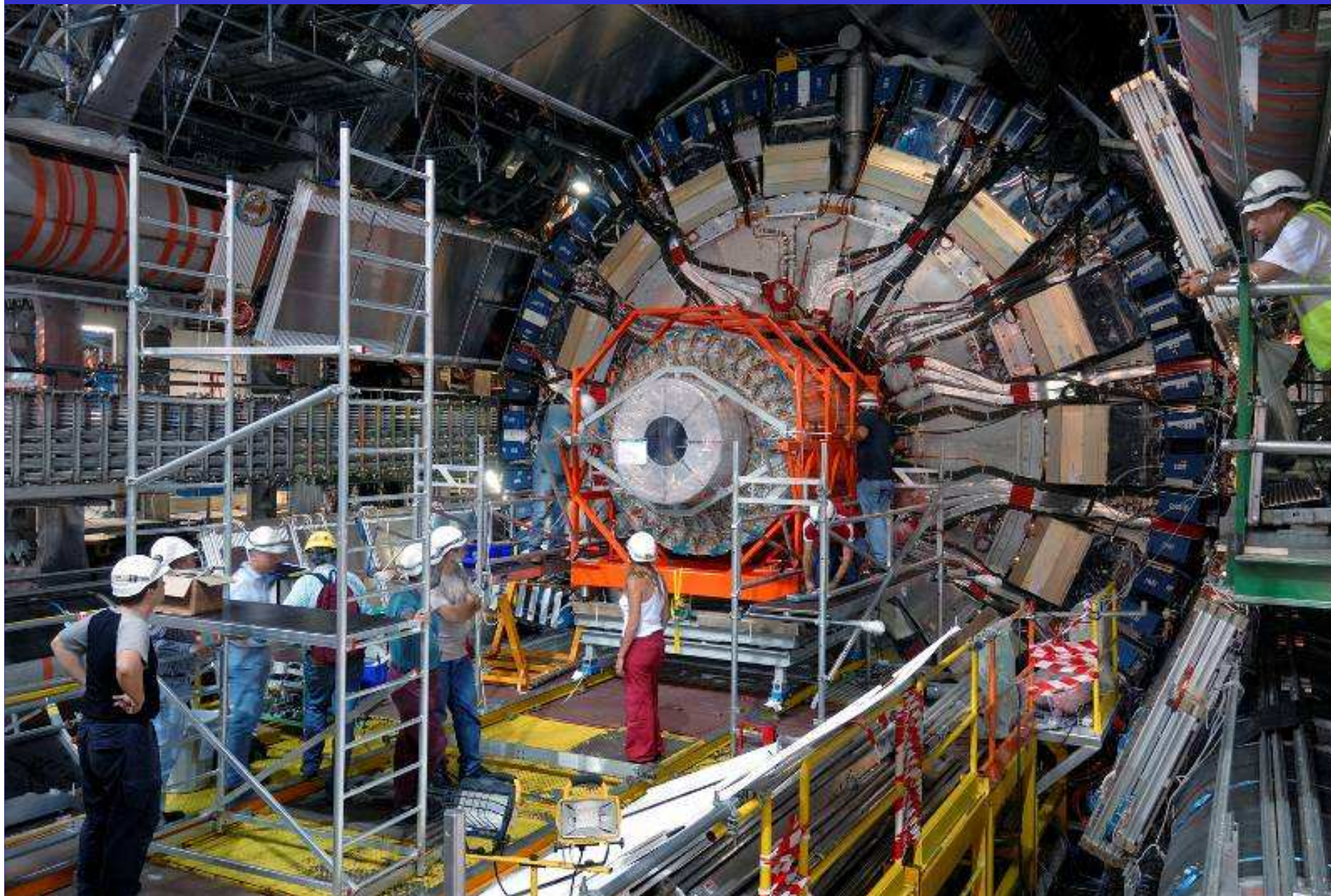
Detektor
Wewnętrzny

Kalorymetr hadronowy

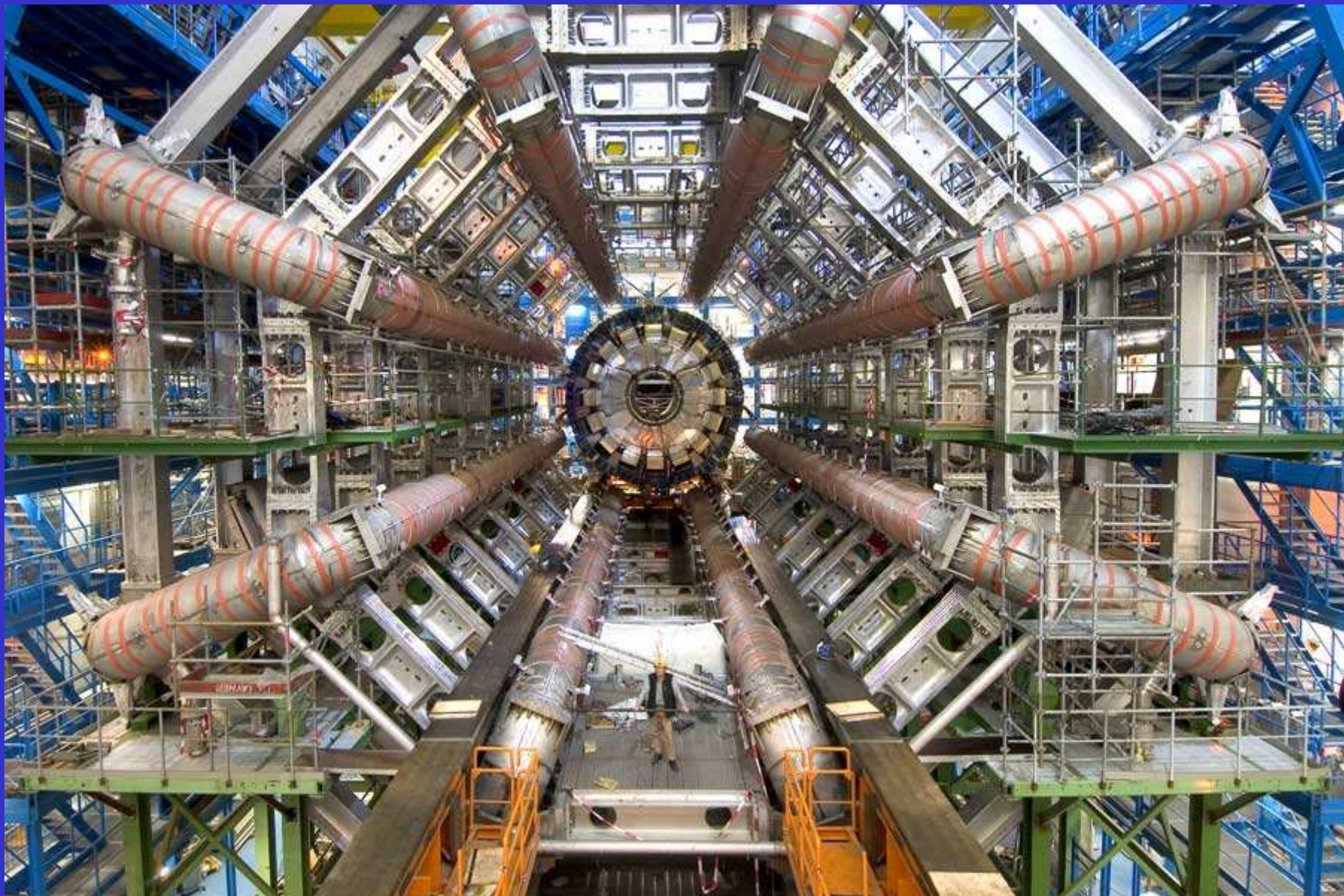
Shielding



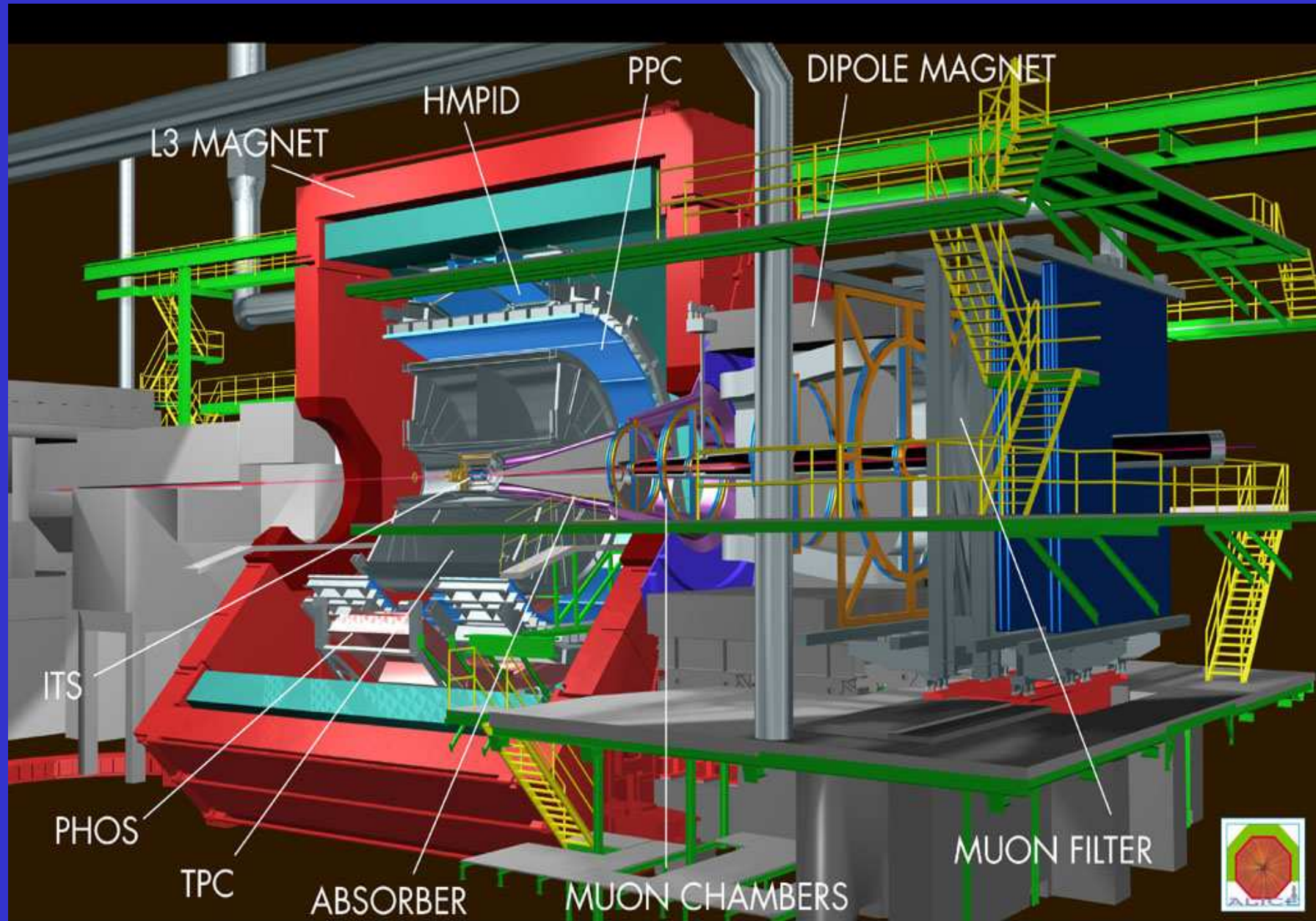
ATLAS W TRAKCIE BUDOWY



WIELKI DETEKTOR „ATLAS” W RAMACH LHC (w budowie)

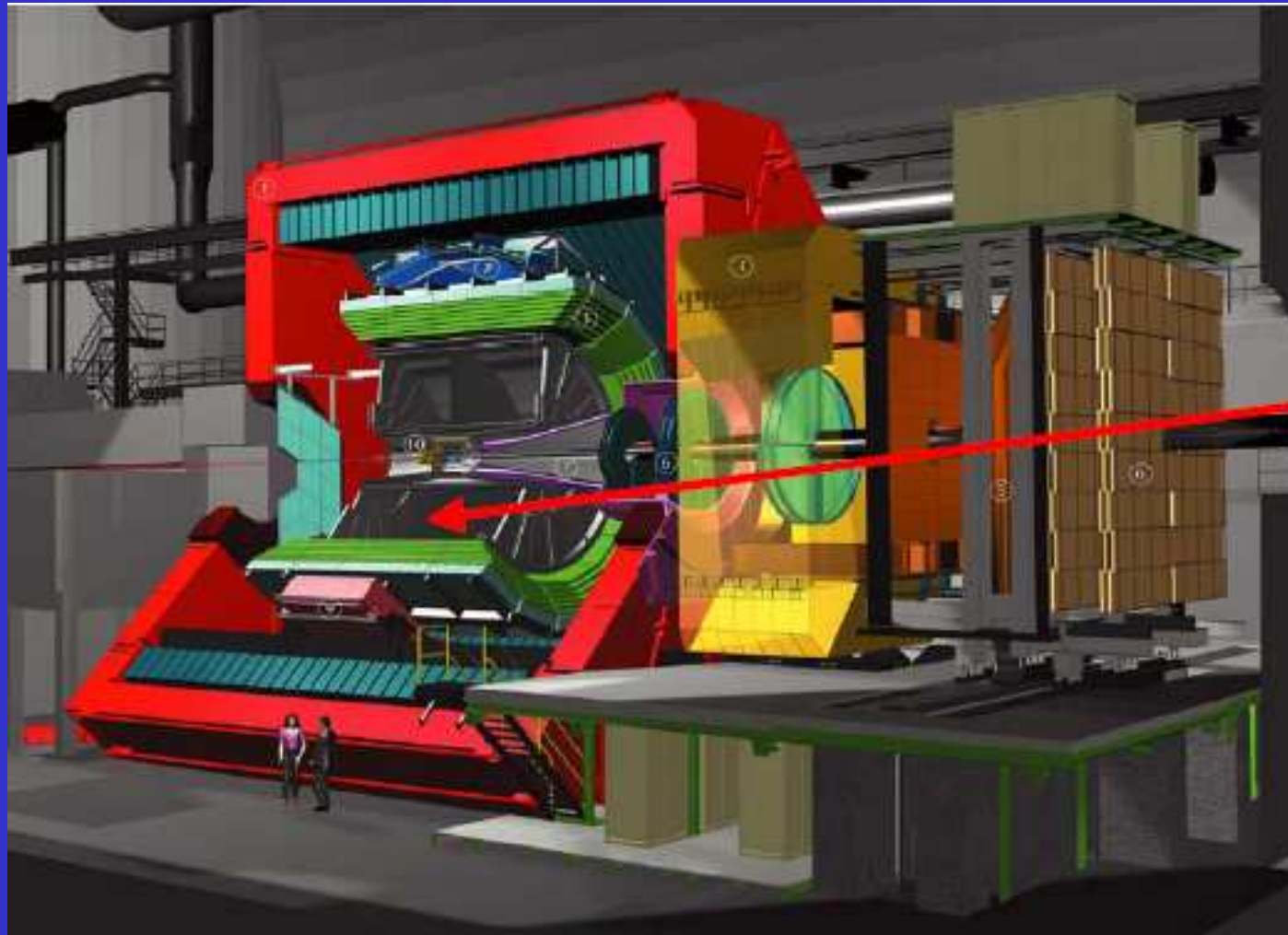


INNY DETEKTOR CZĄSTEK (SKUTKÓW ZDERZEŃ) BUDOWANY DLA LHC

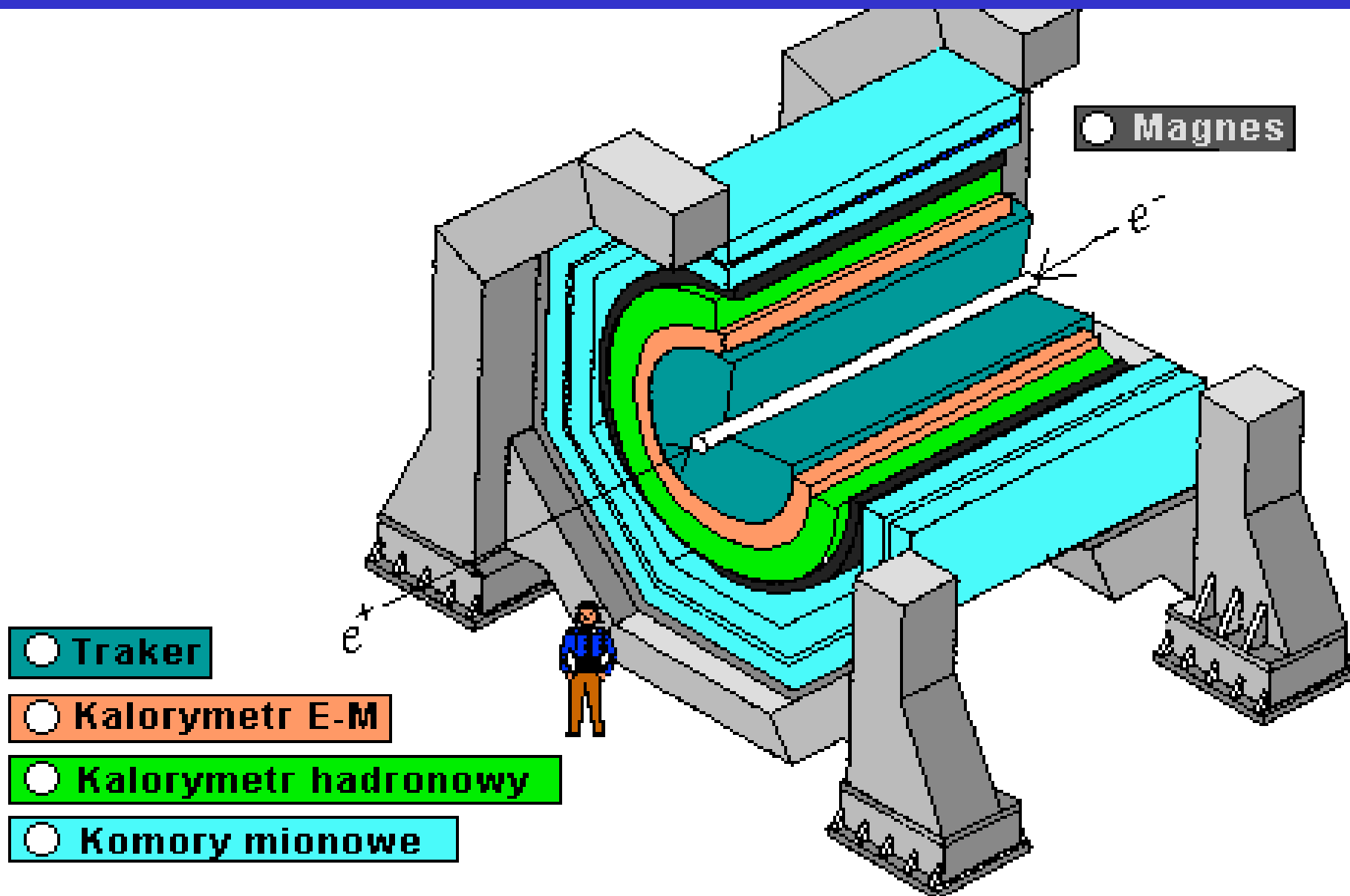


EKSPERYMENT (I SŁUŻĄCY MU DETEKTOR) **A L I C E**

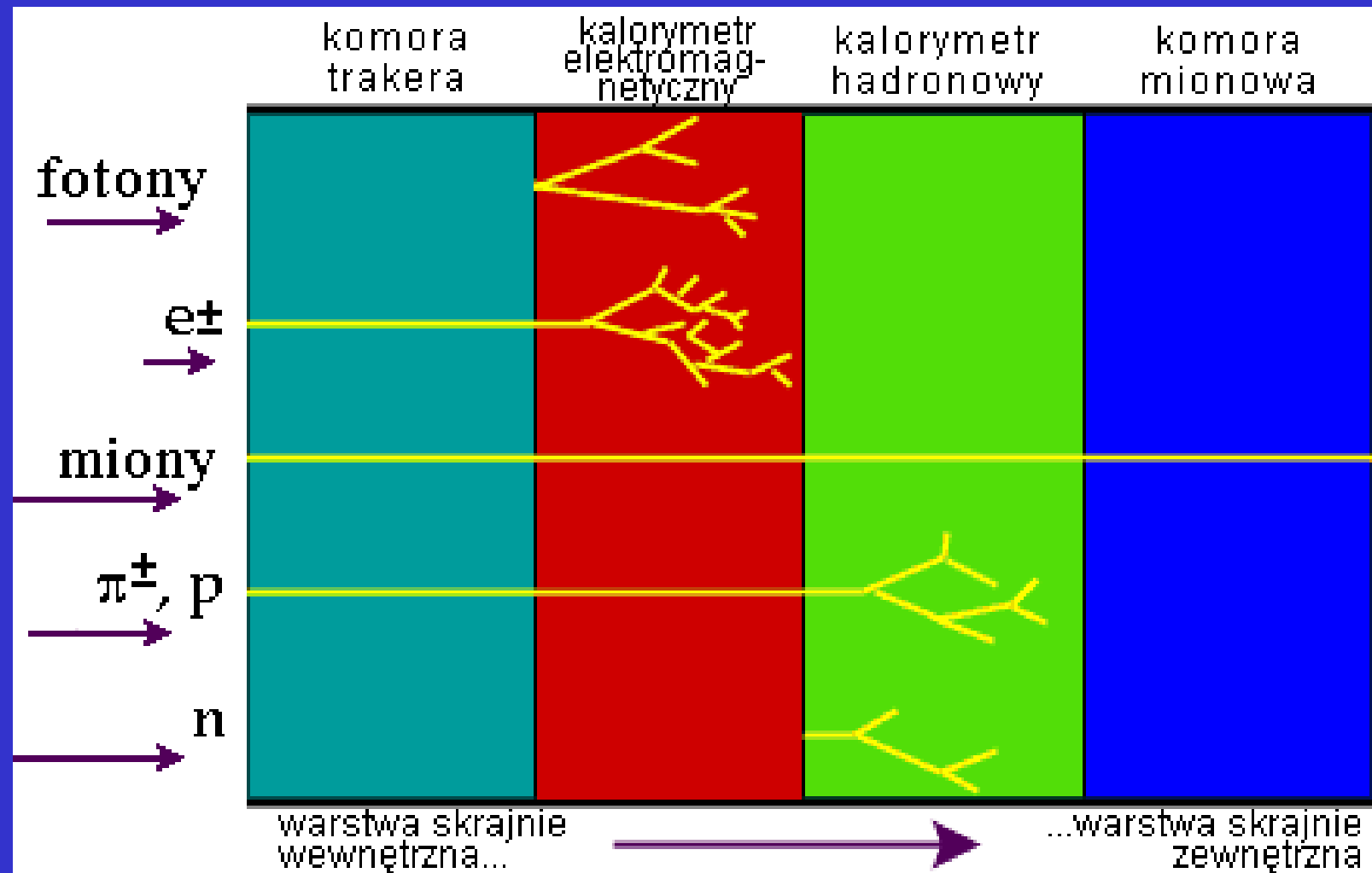
BADANIE PLAZMY KWARKOWO-GLUONOWEJ










SCHEMAT DETEKTORA TYPU ATLAS

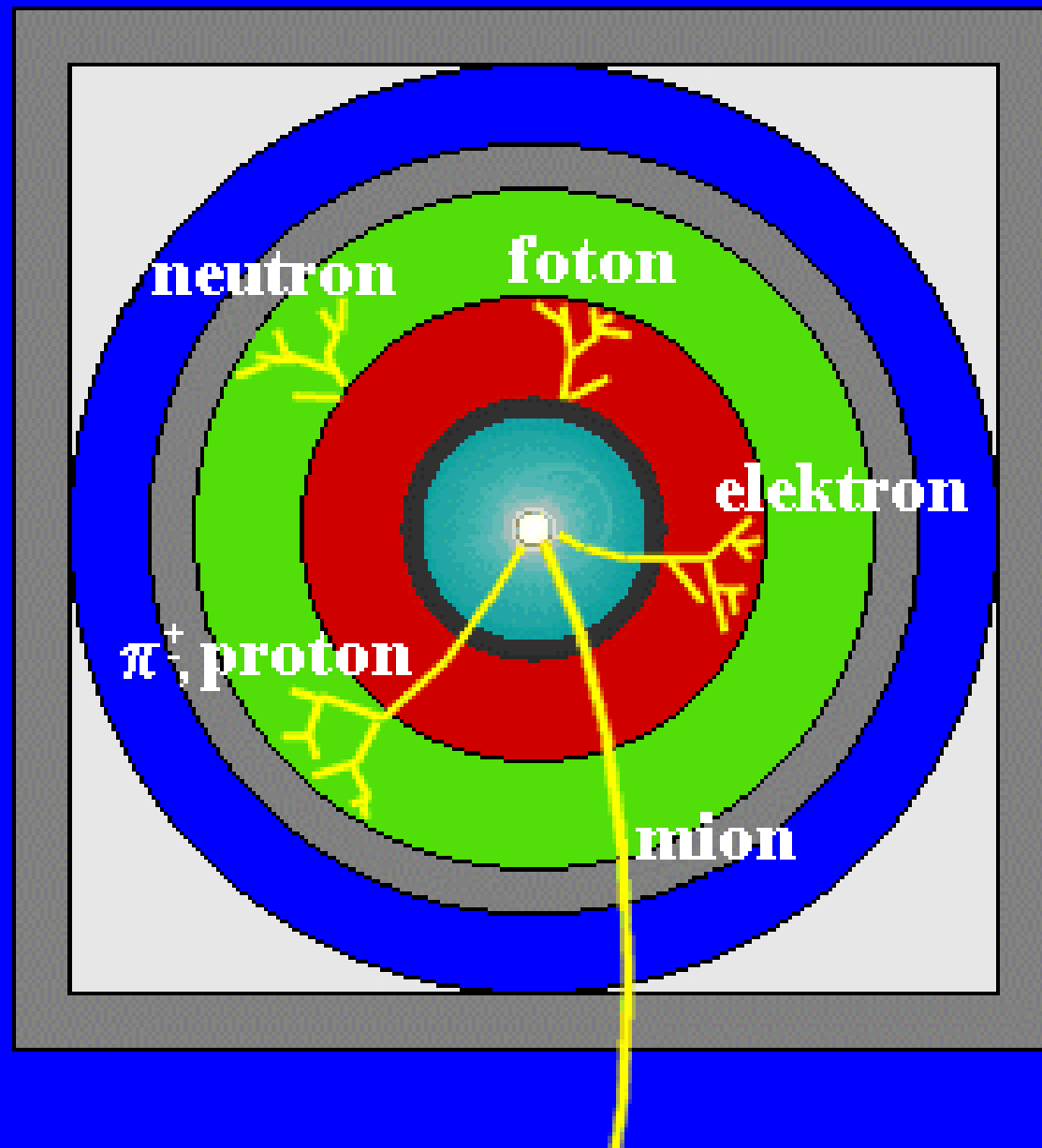


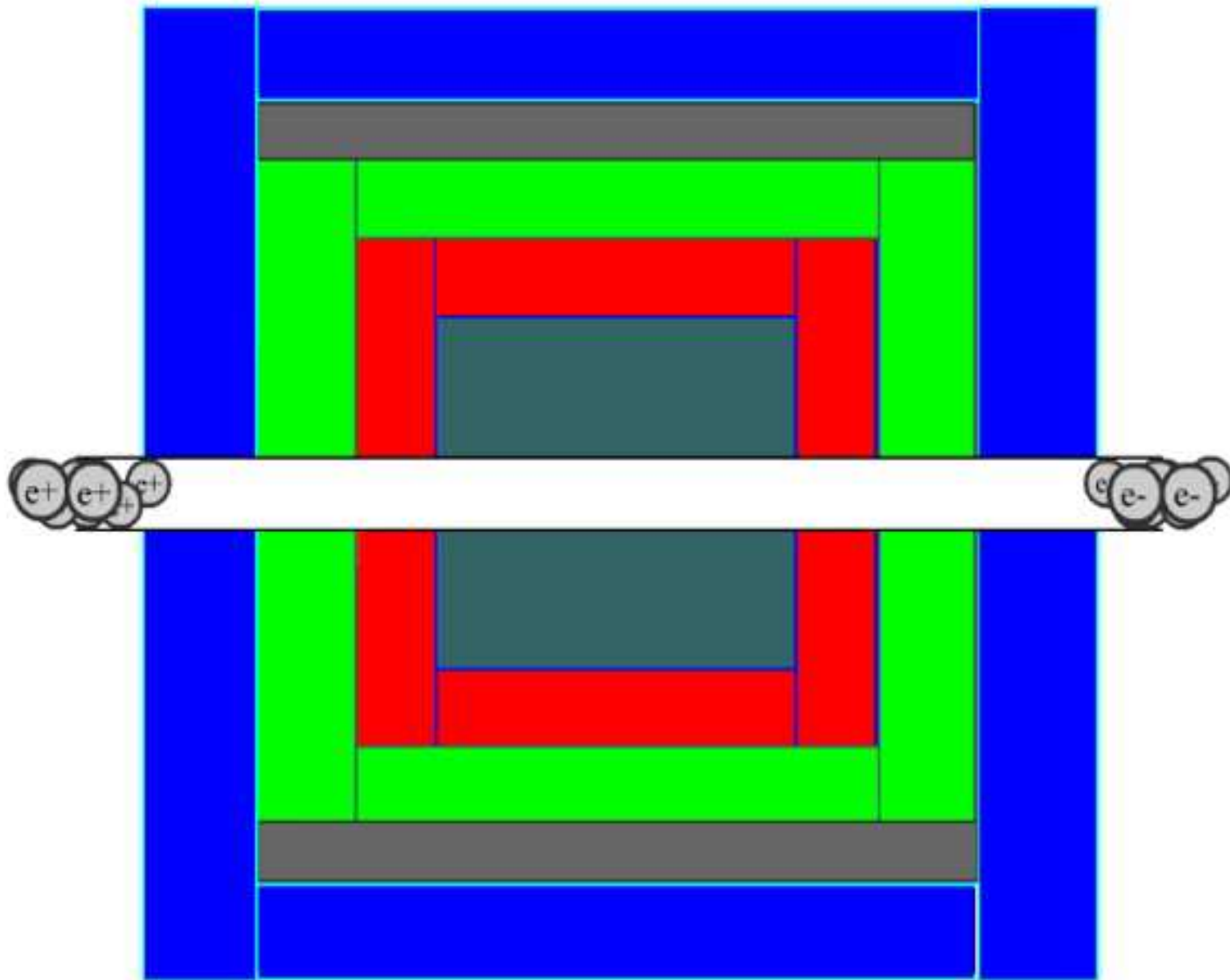
Odziaływanie cząstek z różnymi elementami detektora:



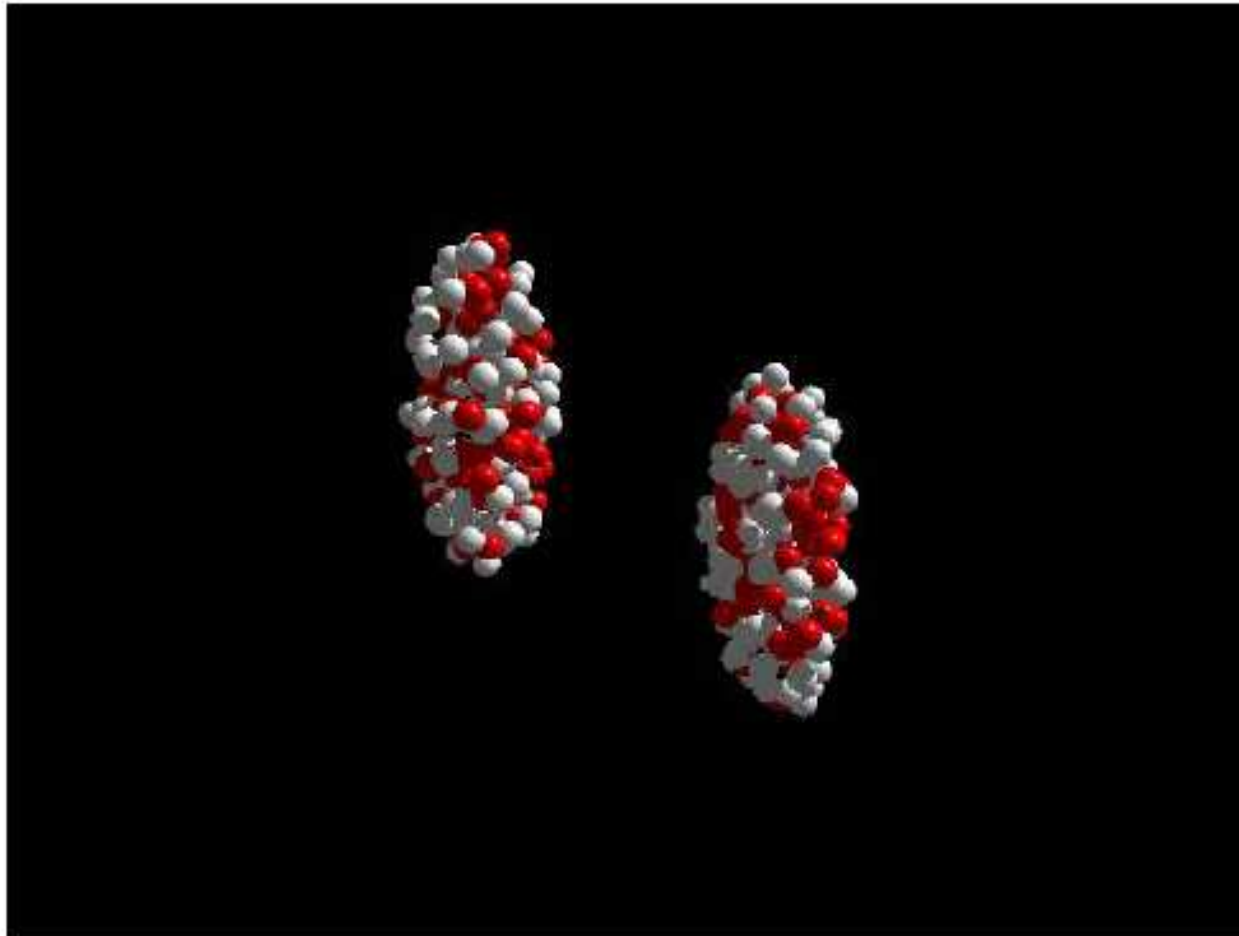
Przekrój poprzeczny detektora, ilustrujący tory cząstek

-  rura dryfowa
-  komora trakera
-  solenoid magnesu
-  kalorymetr elektromagnetyczny
-  kalorymetr hadronowy
-  namagnesowane żelazo
-  komory mionowe



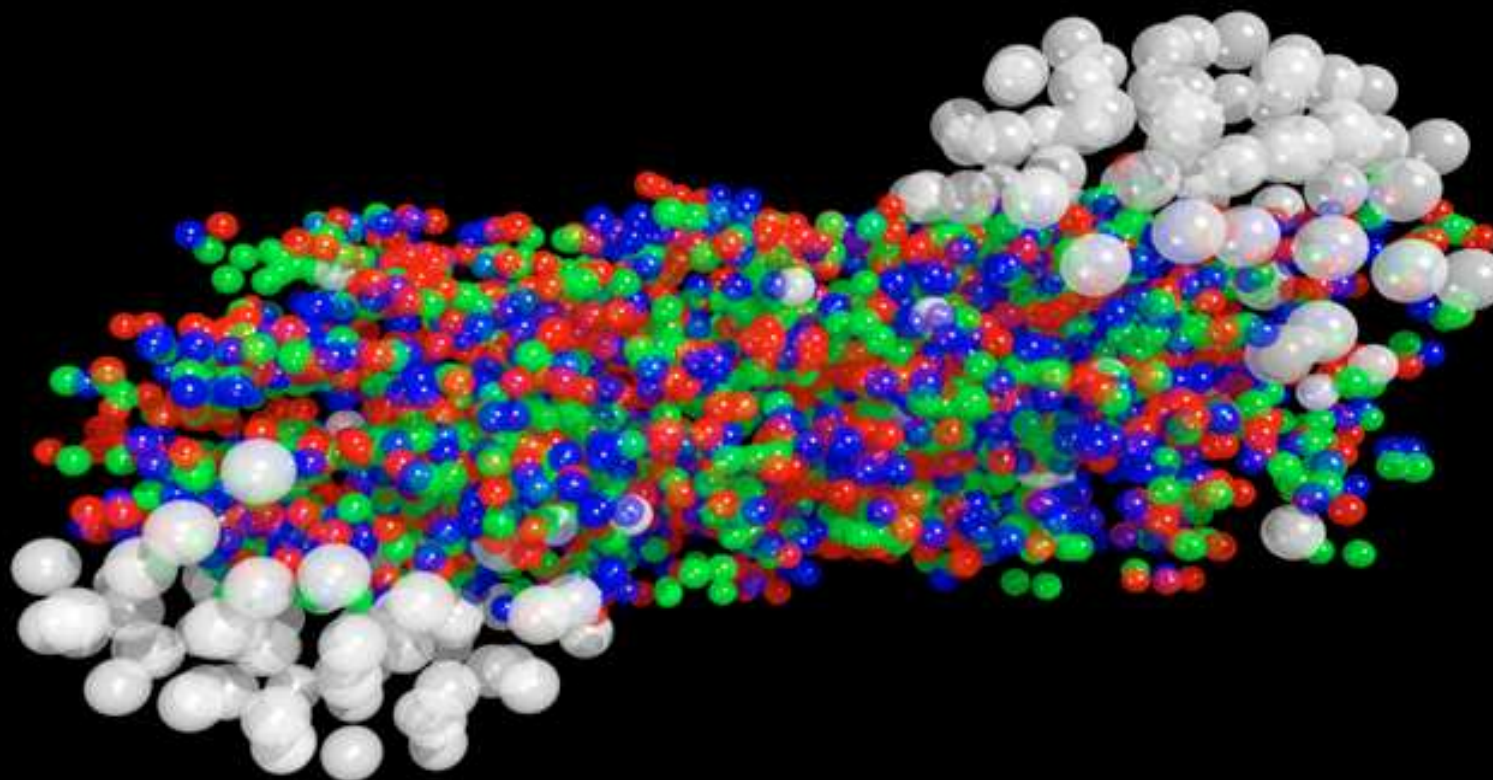


Zderzamy jądra atomowe przy wysokiej energii



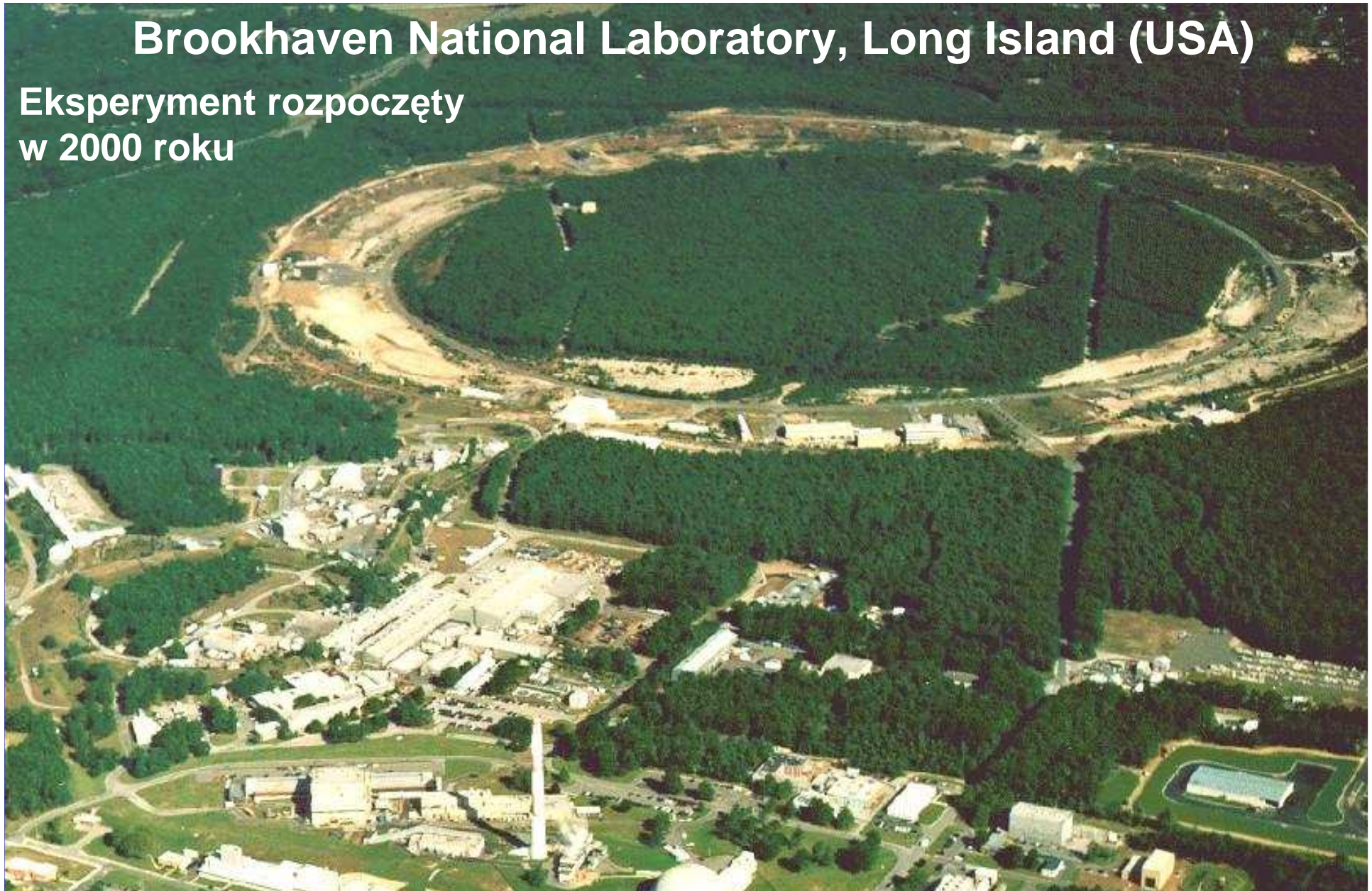
Rejestrujemy i badamy wyprodukowane cząstki

**PLAZMA KWARKOWA POWSTAJĄCA W ZDERZENIACH
CIĘŻKICH JONÓW O WIELKIEJ ENERGII KINETYCZNEJ**



Brookhaven National Laboratory, Long Island (USA)

Eksperyment rozpoczęty
w 2000 roku



RHIC - Relativistic Heavy Ion Collider
(Relatywistyczny Zderzacz Ciężkich Jonów)

Akcelerator w tunelu 4 m pod ziemią przyspiesza przeciwbieżne wiązki jąder atomowych do prędkości 99,95% prędkości światła.

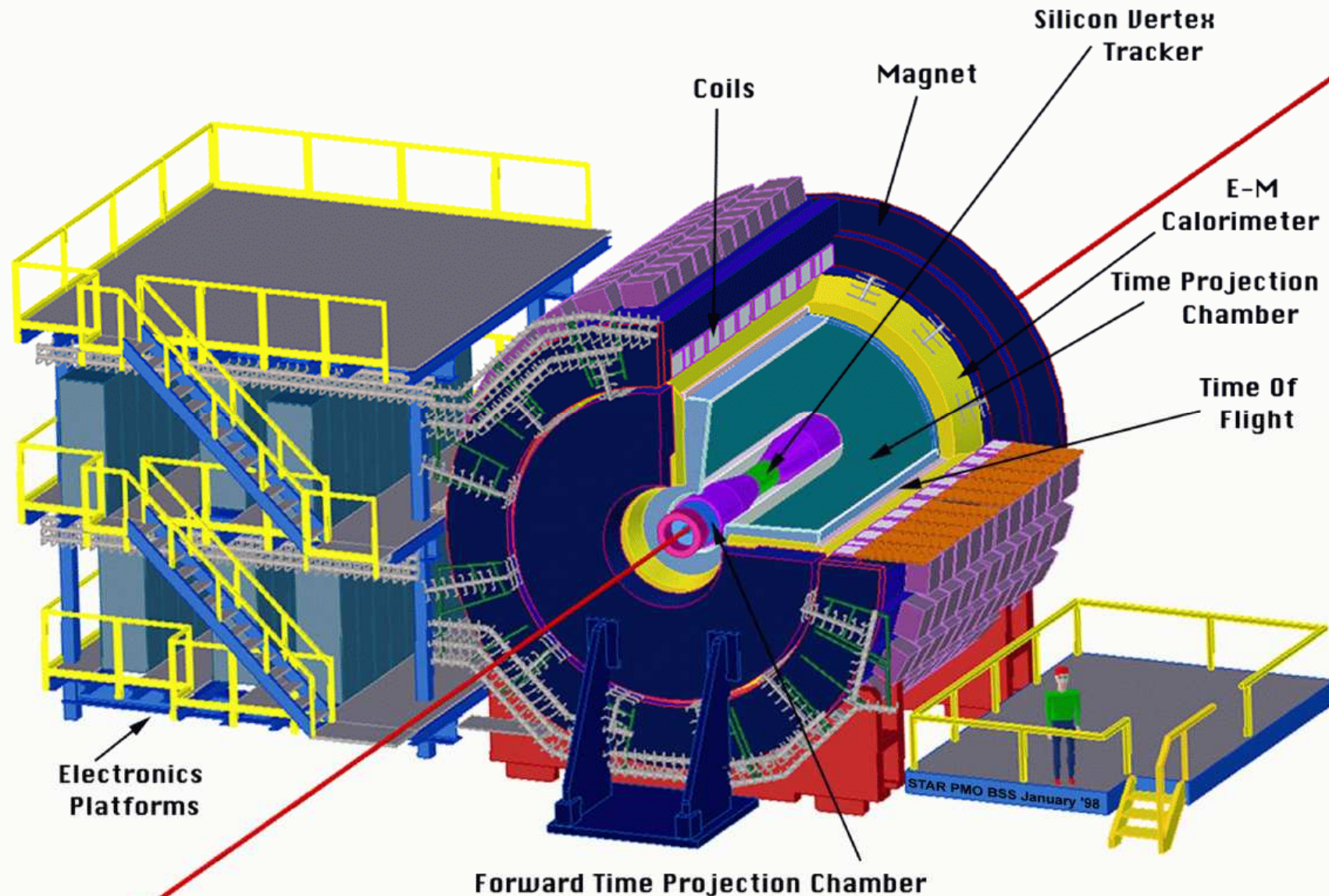


Wiązka odchylana jest w polu magnetycznym wytwarzanym przez nadprzewodzące magnesy umieszczone w ciekłym helu o temperaturze 4,5 K.



Rejestracja cząstek

STAR Detector



FERMILAB (koło Chicago, USA)

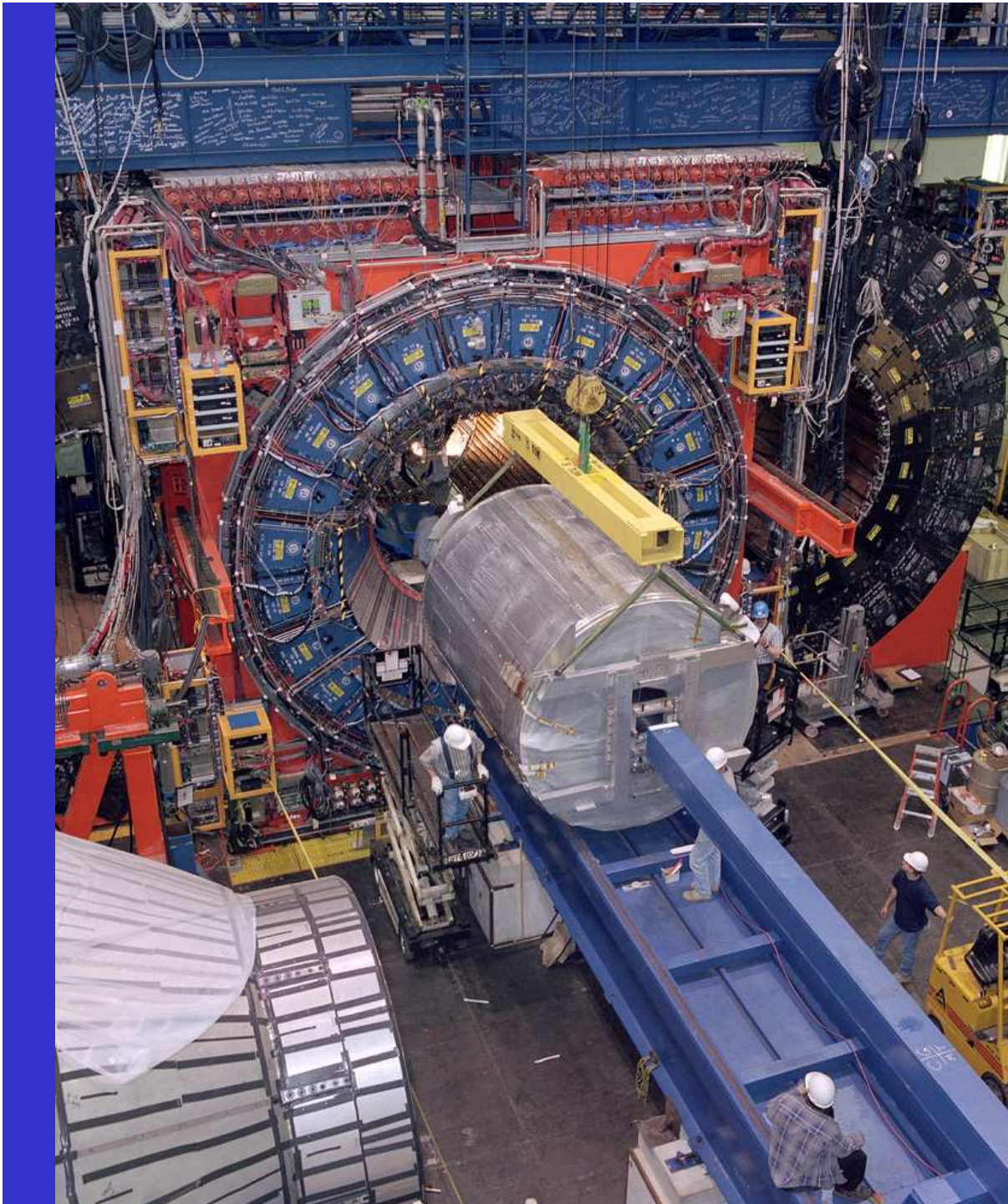




***FERMILAB - TEVATRON
(fragment tunelu)***



***FERMILAB - LINIAC
(tunel)***



FERMILAB
Jeden z głównych
detektorów.
Ok. 400 000 zderzeń
proton – antyproton
zachodzi w każdej
sekundzie podczas
pracy tego detektora.

A CZY BUDOWA TAKIEGO GIGANTA MA JESZCZE SENS?

Projekt akceleratora
kołowego e^+e^-
o energii 1000 GeV

“LEP 1000”

2 TeV in Center-of-Mass

Diameter \approx 900 km

Linear Collider at 50 MeV/m

Length = 40 km $\rightarrow\leftarrow$

**Why LEP 1000 gave
way to the idea of
linear colliders**



KONIEC

$\uparrow \bar{p}$

π^+

ν

μ^+

**J. Sikorski, IFD
Uniwersytet Gdański**