

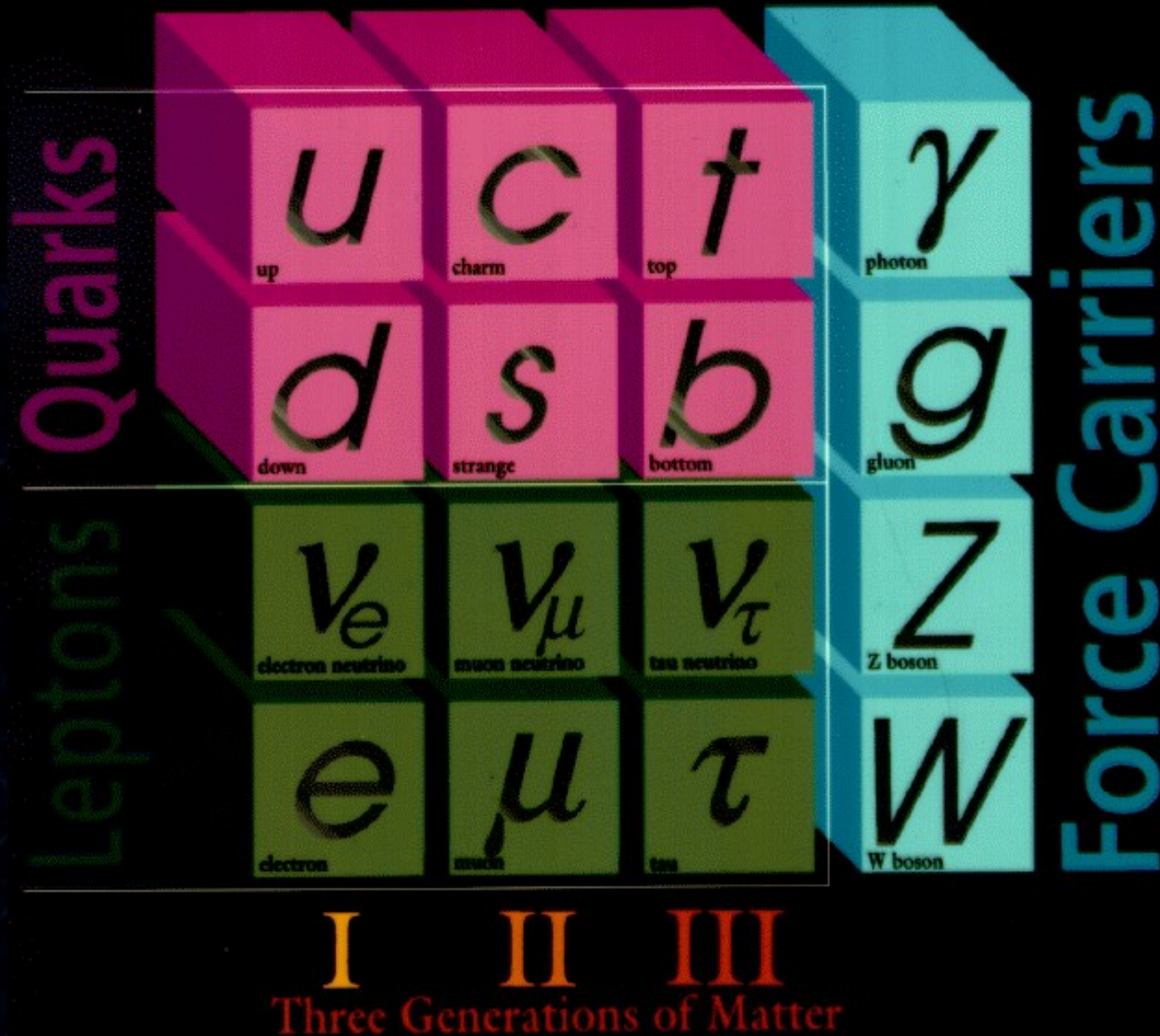
Jak zobaczyć cząstkę elementarną?

(...i po co)

Piotr Traczyk

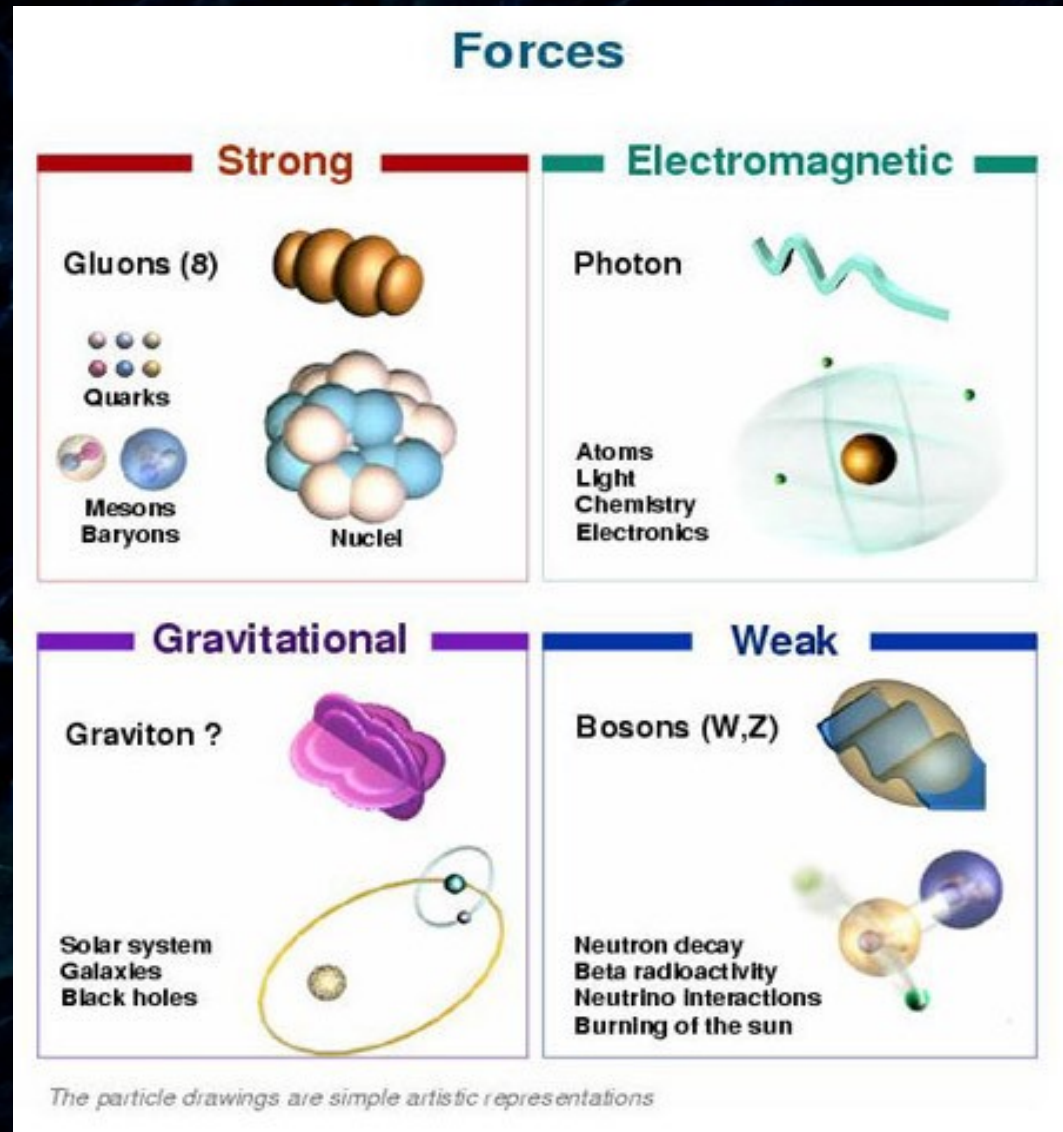
CALTECH/CERN

Rodziny cząstek - stan na dziś



Oddziaływania elementarne

- Silne
8 gluonów
- Elektromagnetyczne
1 foton
- Słabe
3 bozony W^+ W^- Z^0
- Grawitacja
1 grawiton (?)



LHC w skrócie

czyli po co przyspieszamy cząstki?



LHC w skrócie

czyli po co przyspieszamy cząstki?

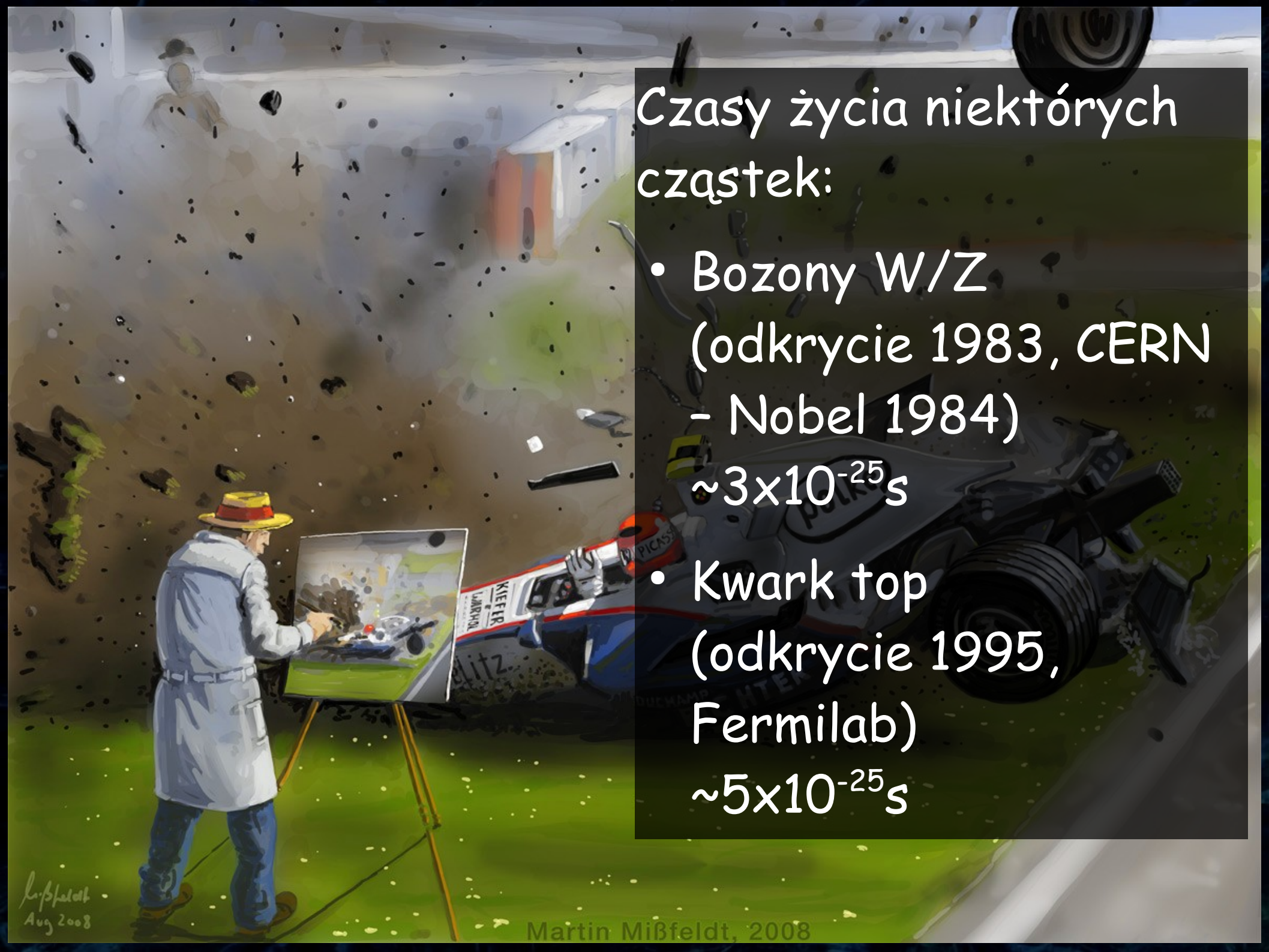
- Rozpędzamy parę protonów, nadając każdemu z nich energię lecącego komara
- Zderzamy je czołowo, aby zamienić tą energię w masę ($E=mc^2$) nowej cząstki
- Cząstka ta prawie natychmiast rozpadnie się na inne cząstki
- Produkty tego rozpadu staramy się zarejestrować i dowiedzieć się co tak naprawdę w tym zderzeniu powstało





Mißfeldt
Aug 2008

Martin Mißfeldt, 2008



Czasy życia niektórych cząstek:

- Bozony W/Z
(odkrycie 1983, CERN
– Nobel 1984)

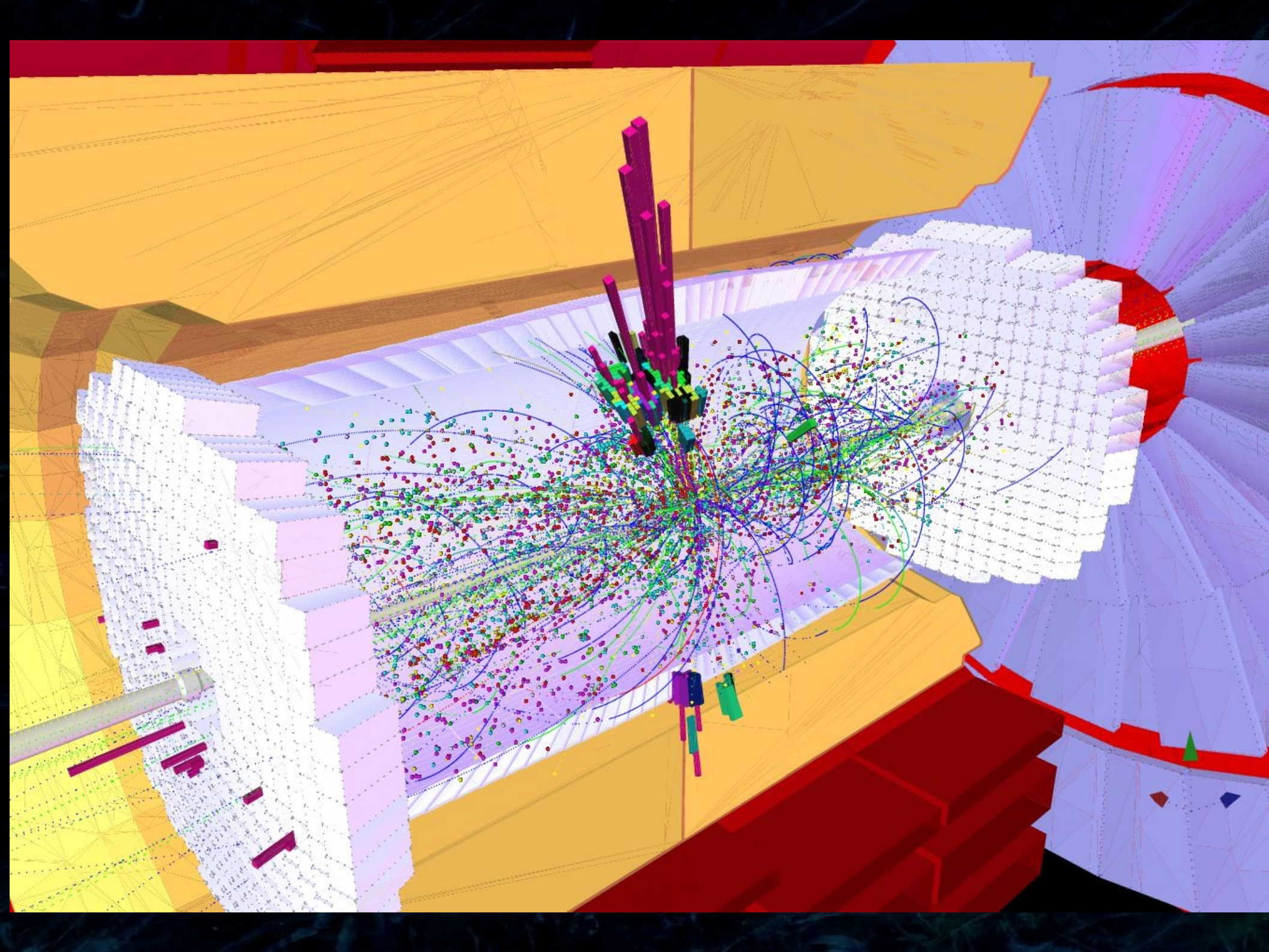
$$\sim 3 \times 10^{-25} \text{ s}$$

- Kwark top
(odkrycie 1995,
Fermilab)

$$\sim 5 \times 10^{-25} \text{ s}$$

Detekcja cząstek

- Tak naprawdę nie widzimy samych cząstek - obserwować możemy jedynie efekty ich oddziaływania z materią
- Na podstawie tych oddziaływań próbujemy ustalić:
 - Typ cząstki (ładunek)
 - Energię (pęd, razem z kierunkiem)
 - Pochodzenie (punkt produkcji)



Wybrane Metody rejestracji cząstek

Zobaczyć ślad



Albo

Złapać

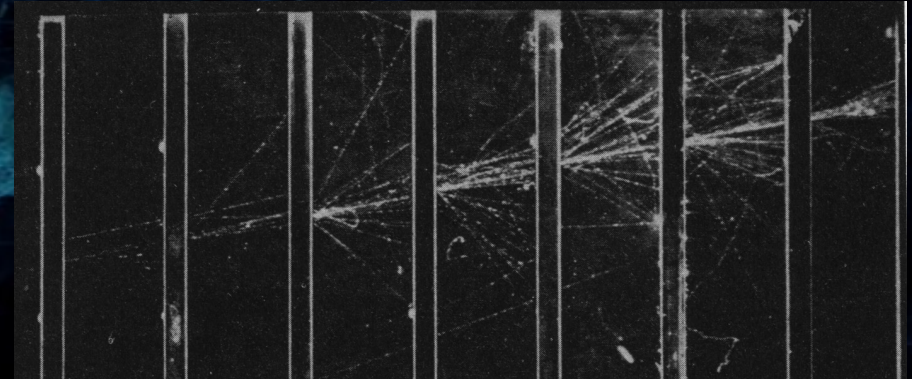


Wybrane Metody rejestracji cząstek

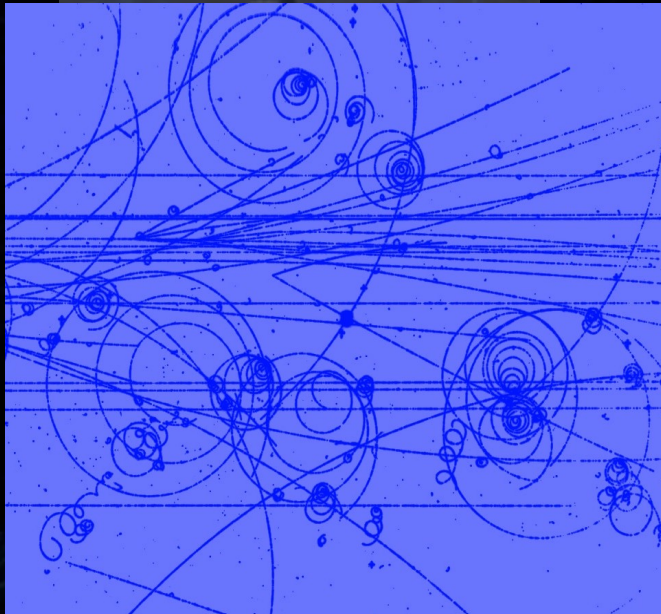
Detektor śladowy



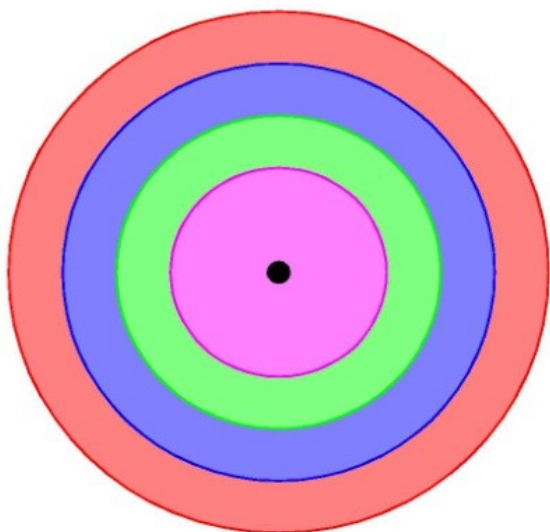
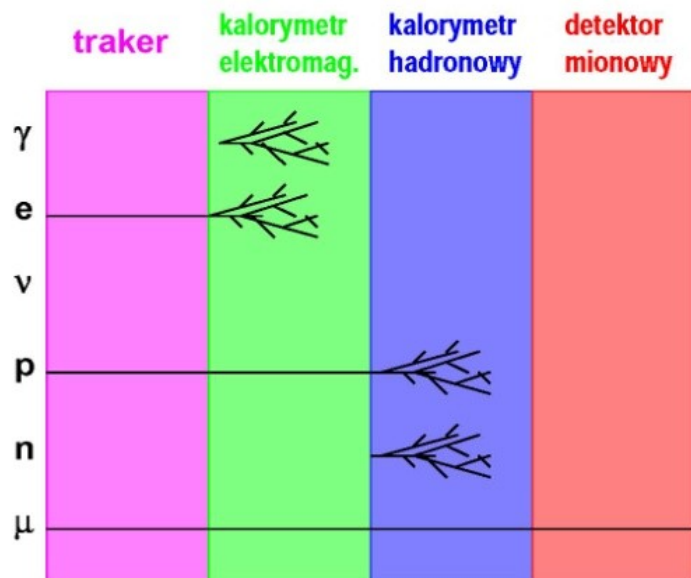
Albo



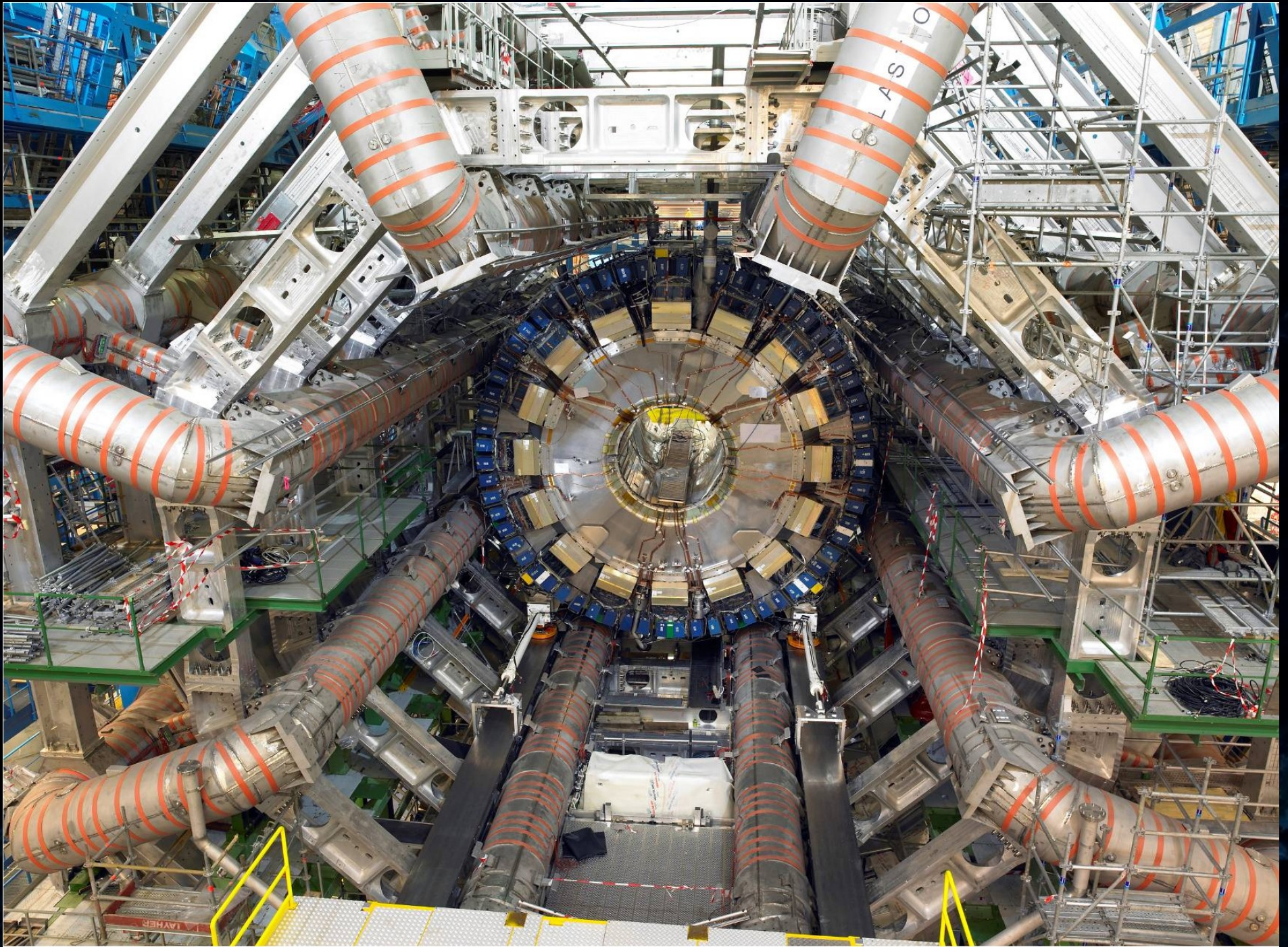
Kalorymetr



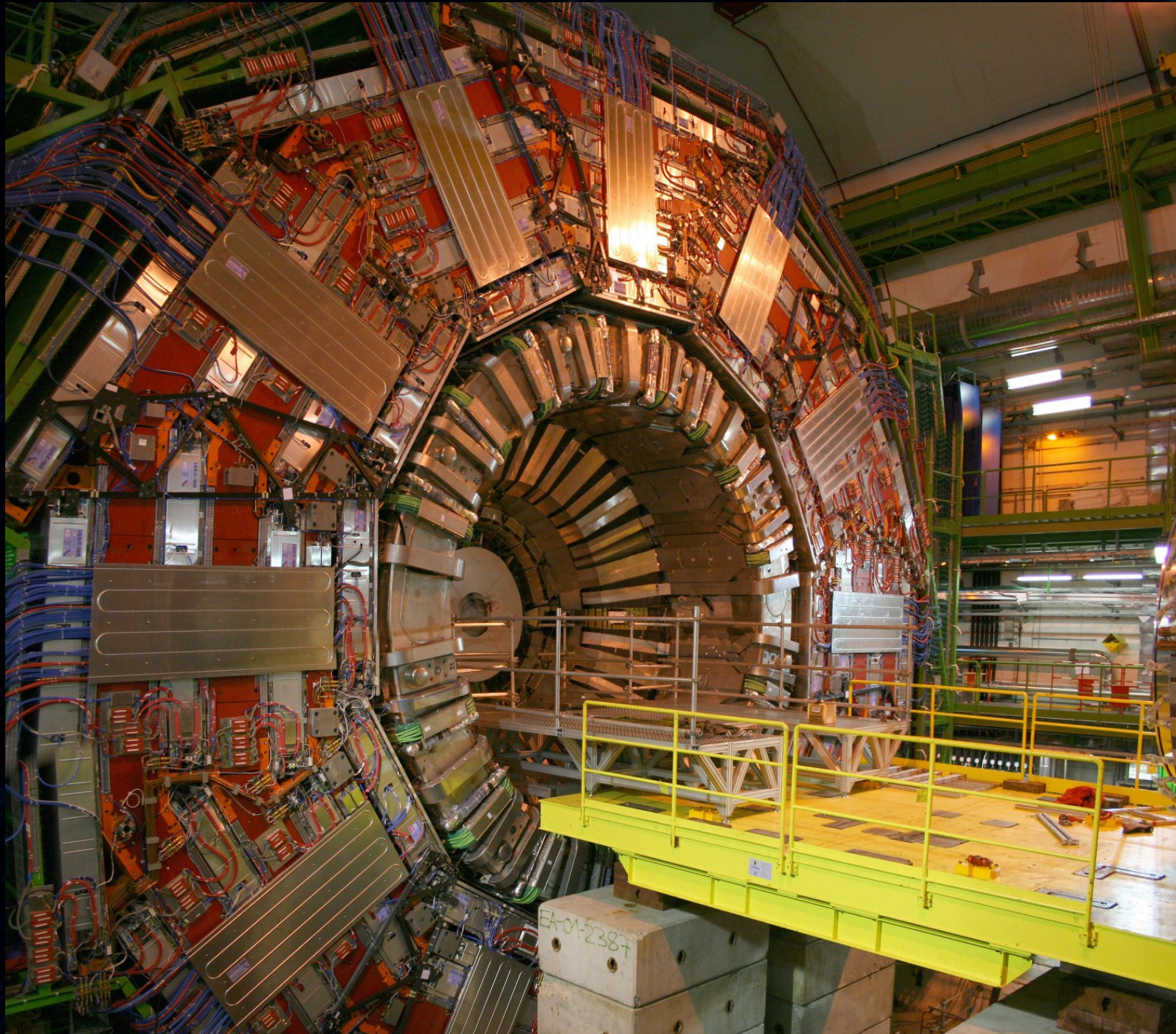
Detektory cząstek są jak...



ATLAS

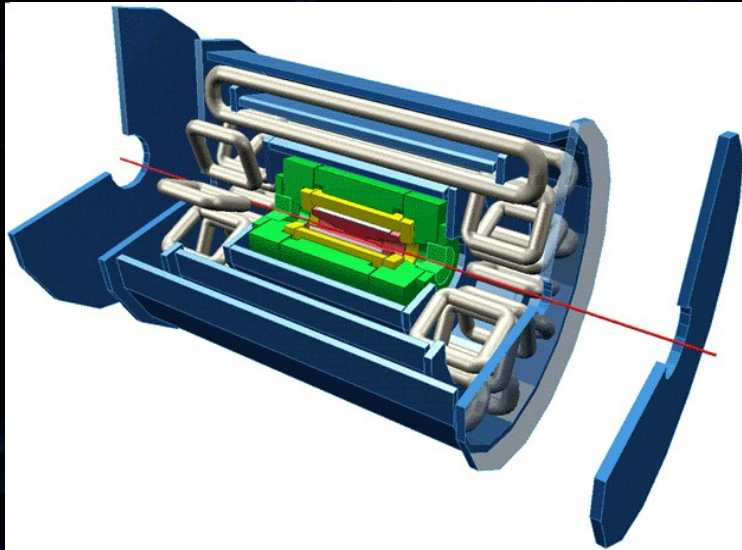


CMS

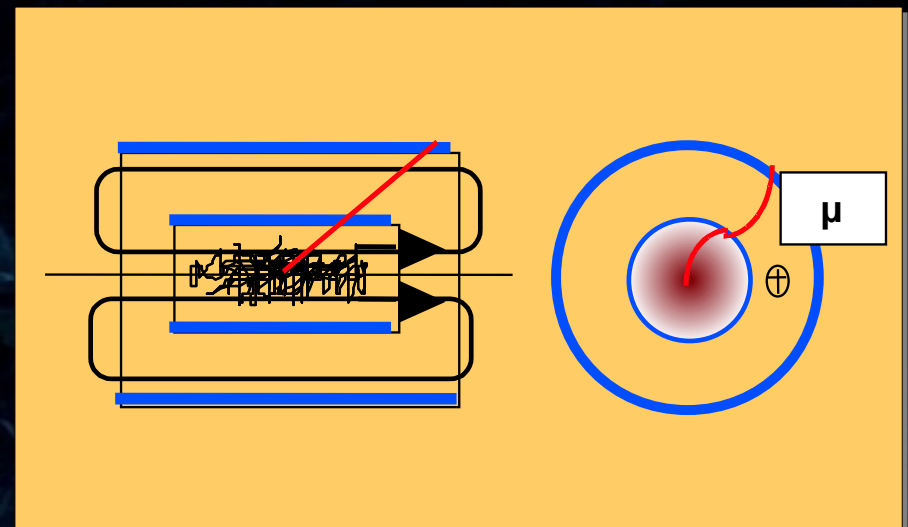
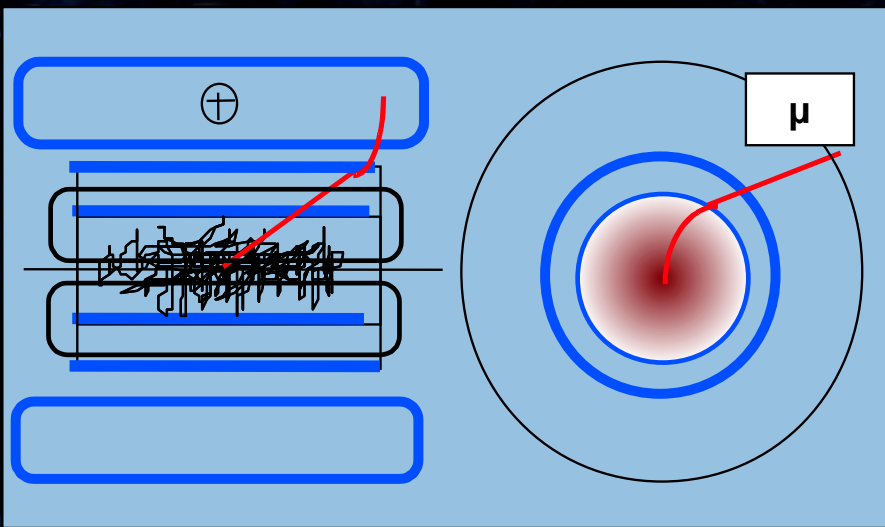
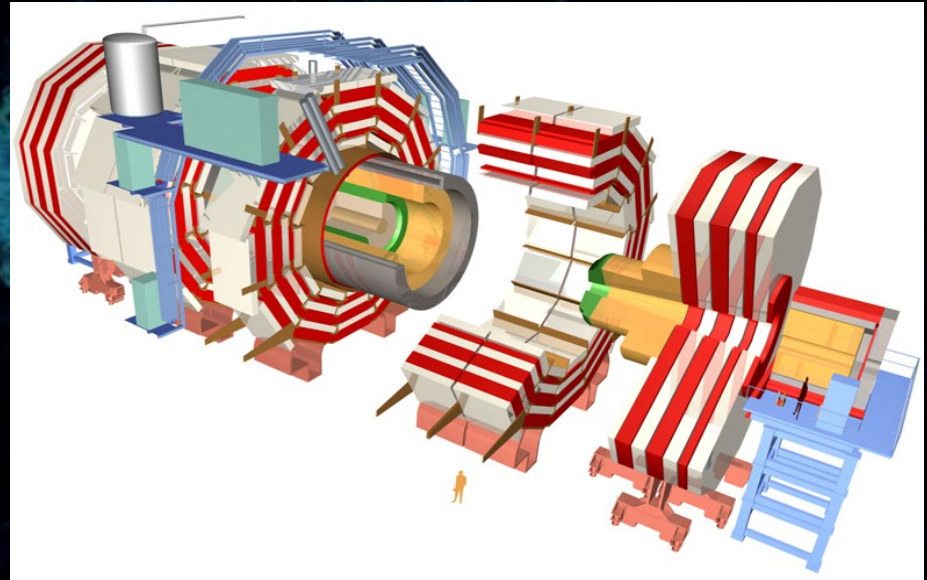


Magnes

ATLAS A Toroidal LHC Apparatus

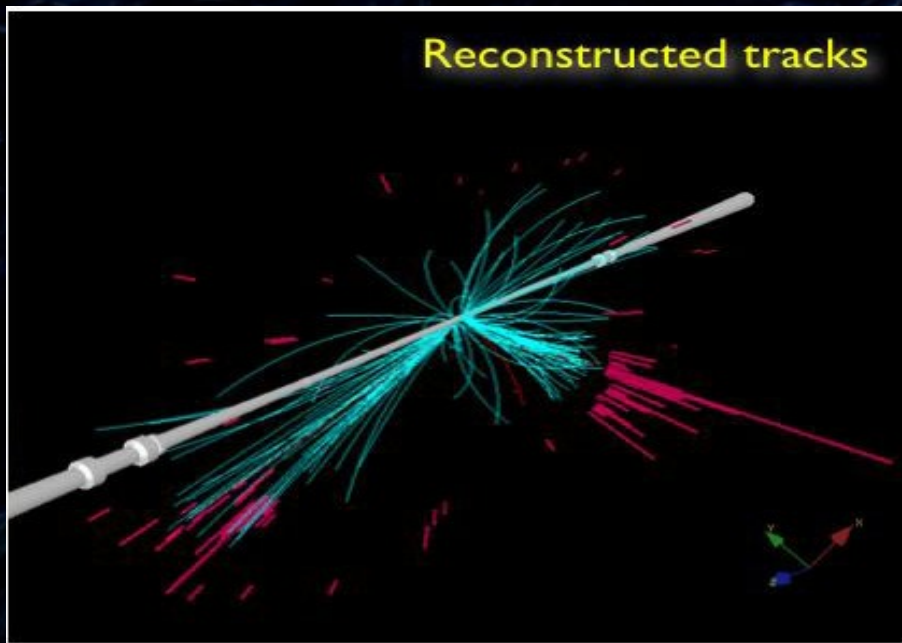
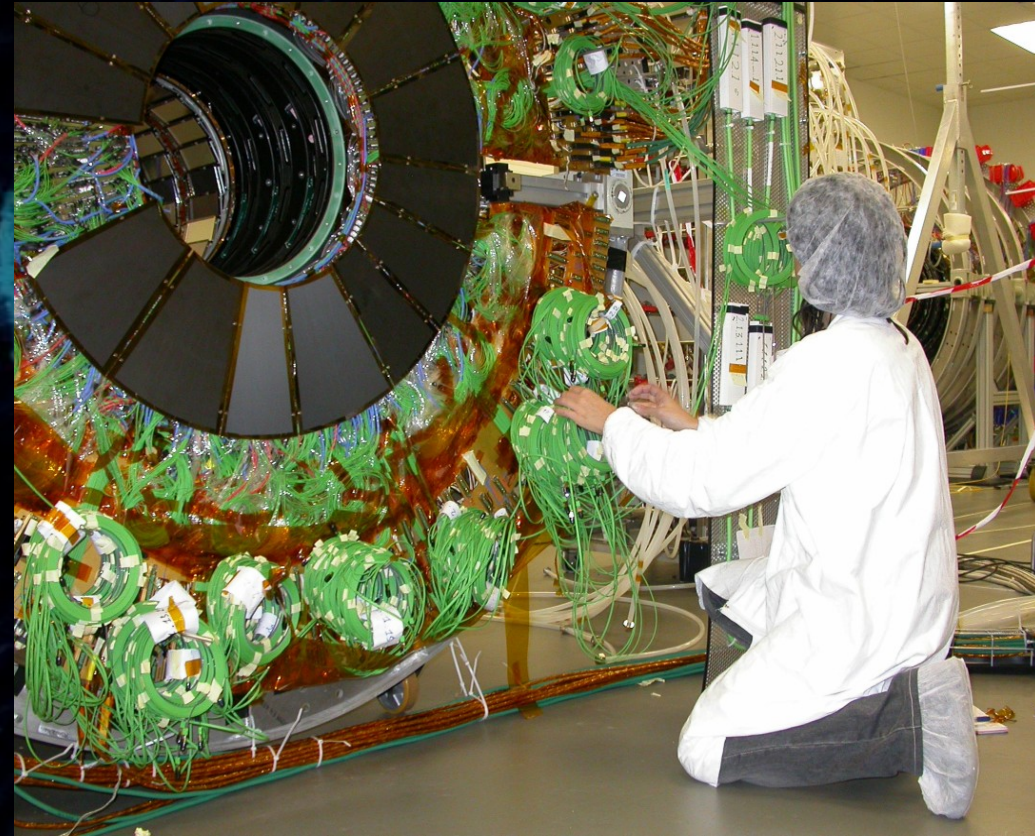


CMS Compact Muon Solenoid



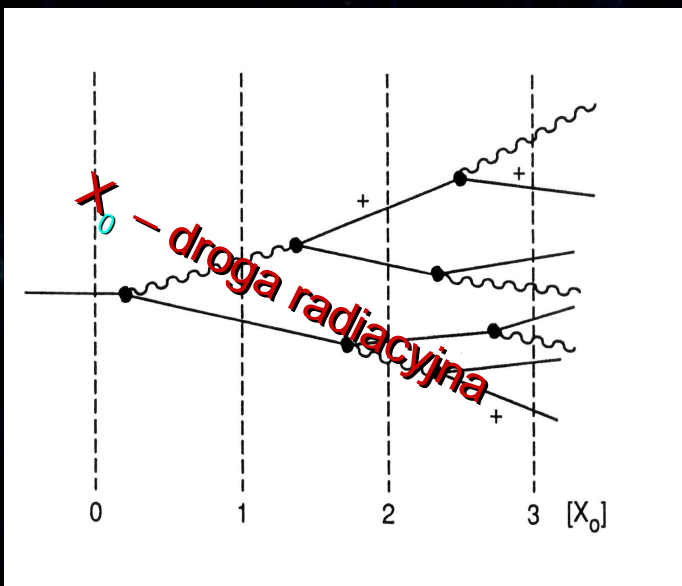
Detektor śladowy (Tracker) w CMS

- Największy krzemowy detektor w historii - ponad 220m^2 krzemu, 75 milionów kanałów odczytu



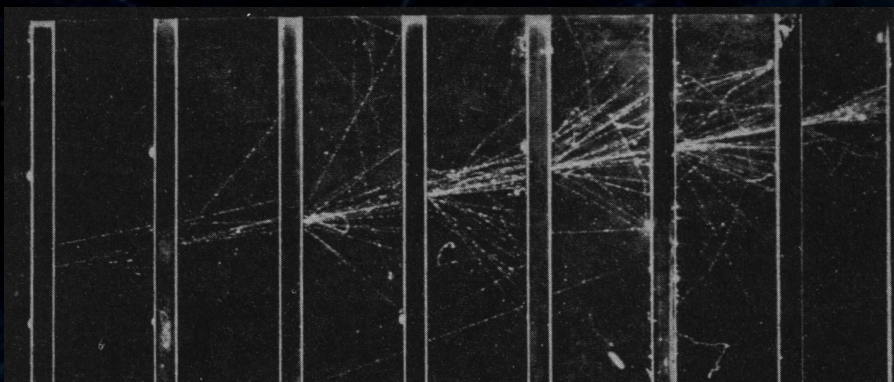
Kalorymetry

- Detektory mierzące energię cząstek przez ich całkowitą absorpcję



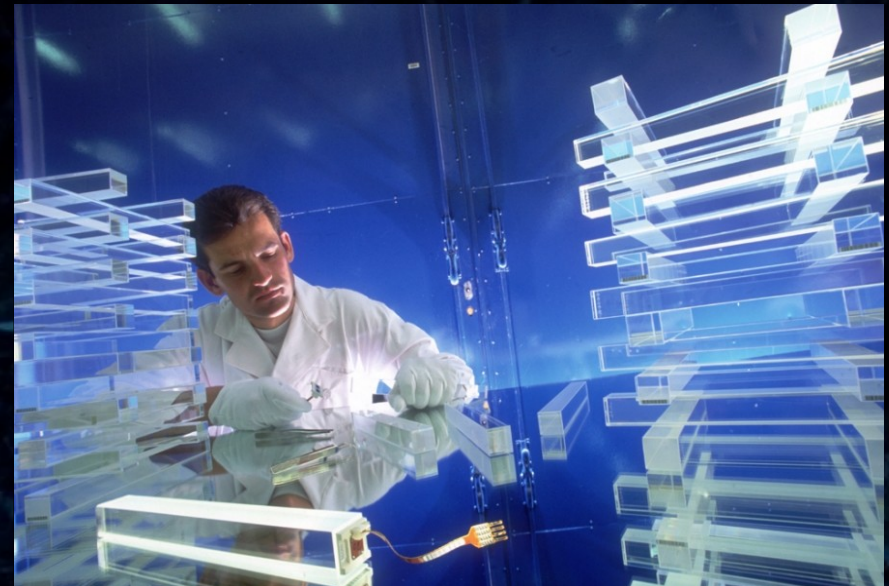
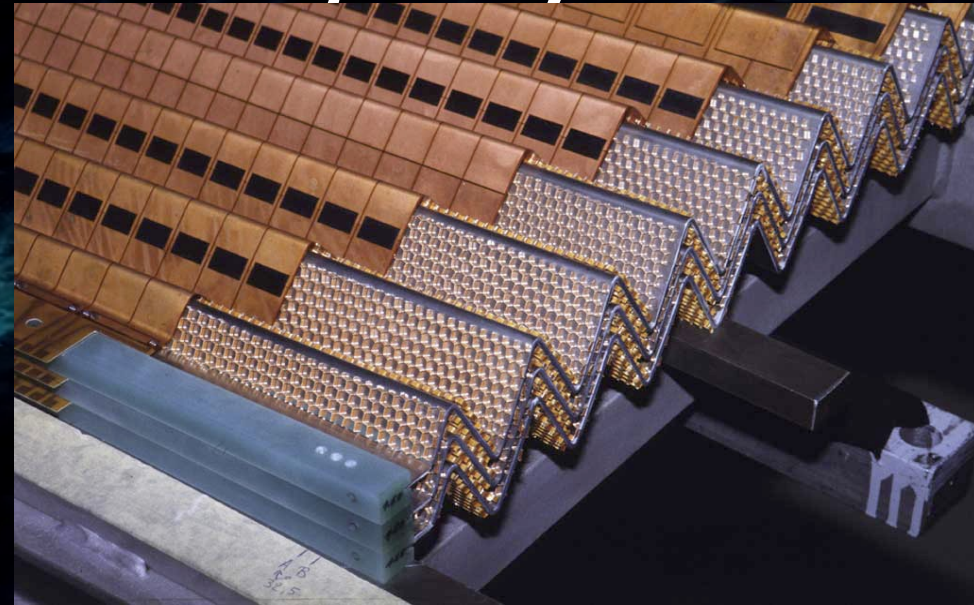
- X_0 - droga radiacyjna, średnia odległość na której elektron traci $1/e$ swojej energii
- Przykłady:

- Powietrze	30 420 cm
- Woda	36,1 cm
- Grafit	18,8 cm
- Żelazo	1,76 cm
- Ołów	0,56 cm
- Uran	0,32 cm



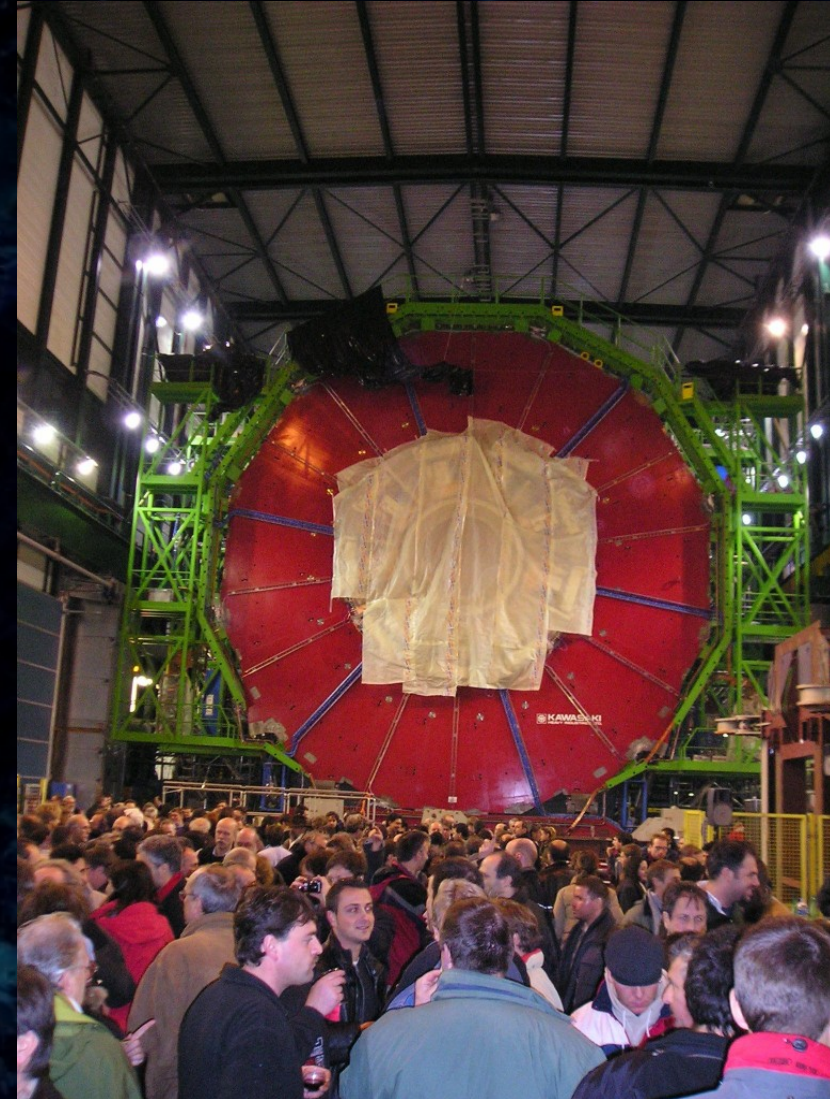
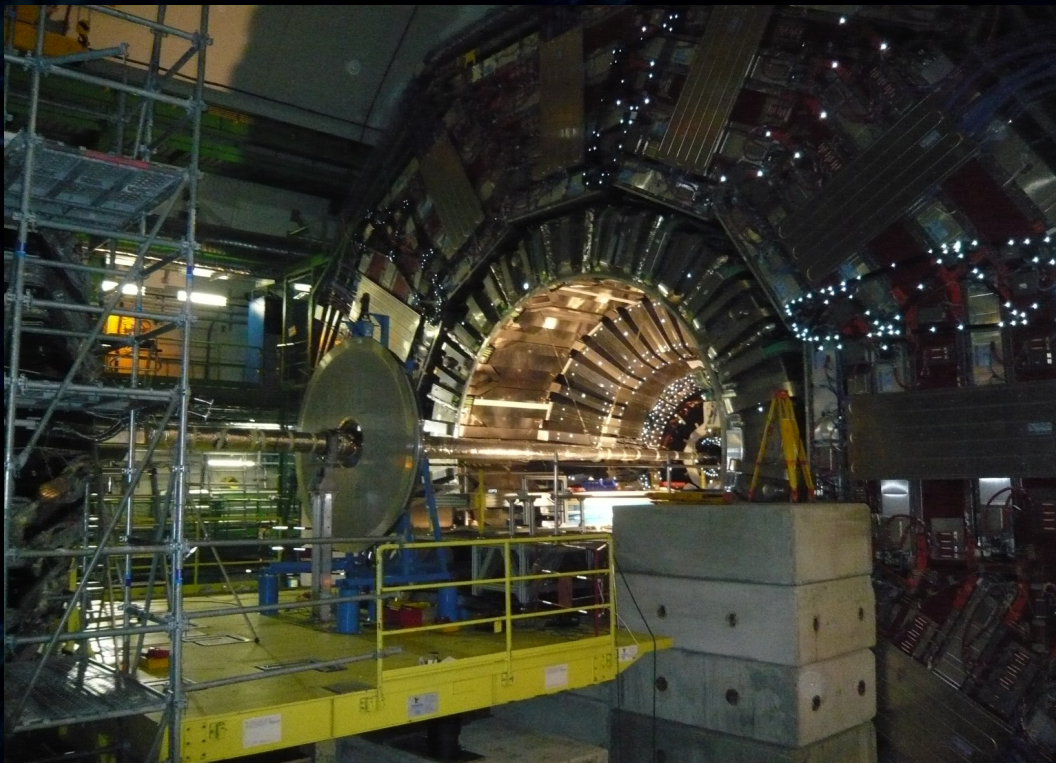
Kalorymetry Elektromagnetyczne

- Pomiar energii elektronów i fotonów
- Kalorymetry próbkujące (np. ATLAS) - naprzemienne warstwy absorbera i materiału aktywnego (w tym przypadku ciekły argon)
- Kalorymetry jednorodne (np. CMS) - kryształy PbWO_4 , jednocześnie scyntylator i absorber

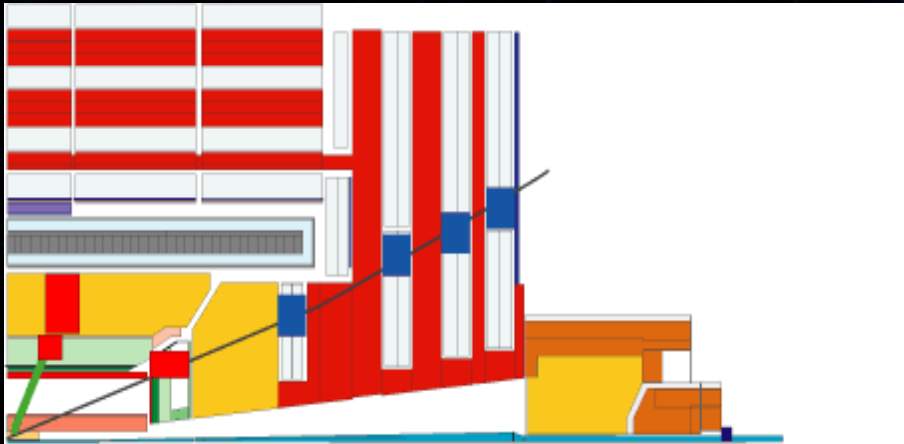


System Mionowy (CMS)

- Pomiar trajektorii mionów w zewnętrznej części detektora
- Kilka różnych typów detektorów
- Precyzja pomiaru toru $\sim 50\text{-}200\mu\text{m}$
- Geometria b. ważna - „alignment“!

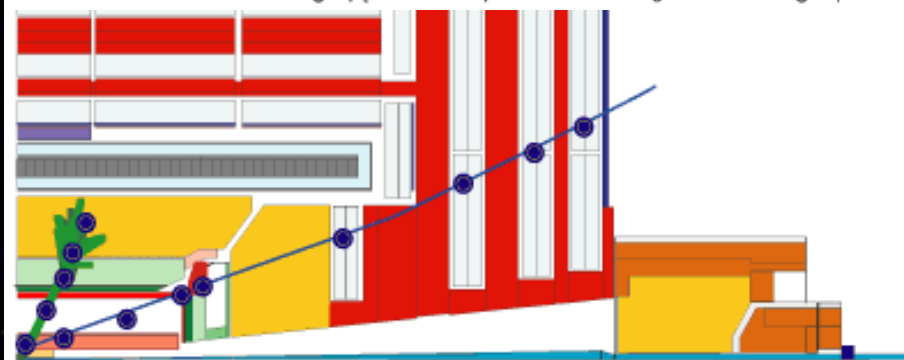


Układ wyzwalania (Trigger)



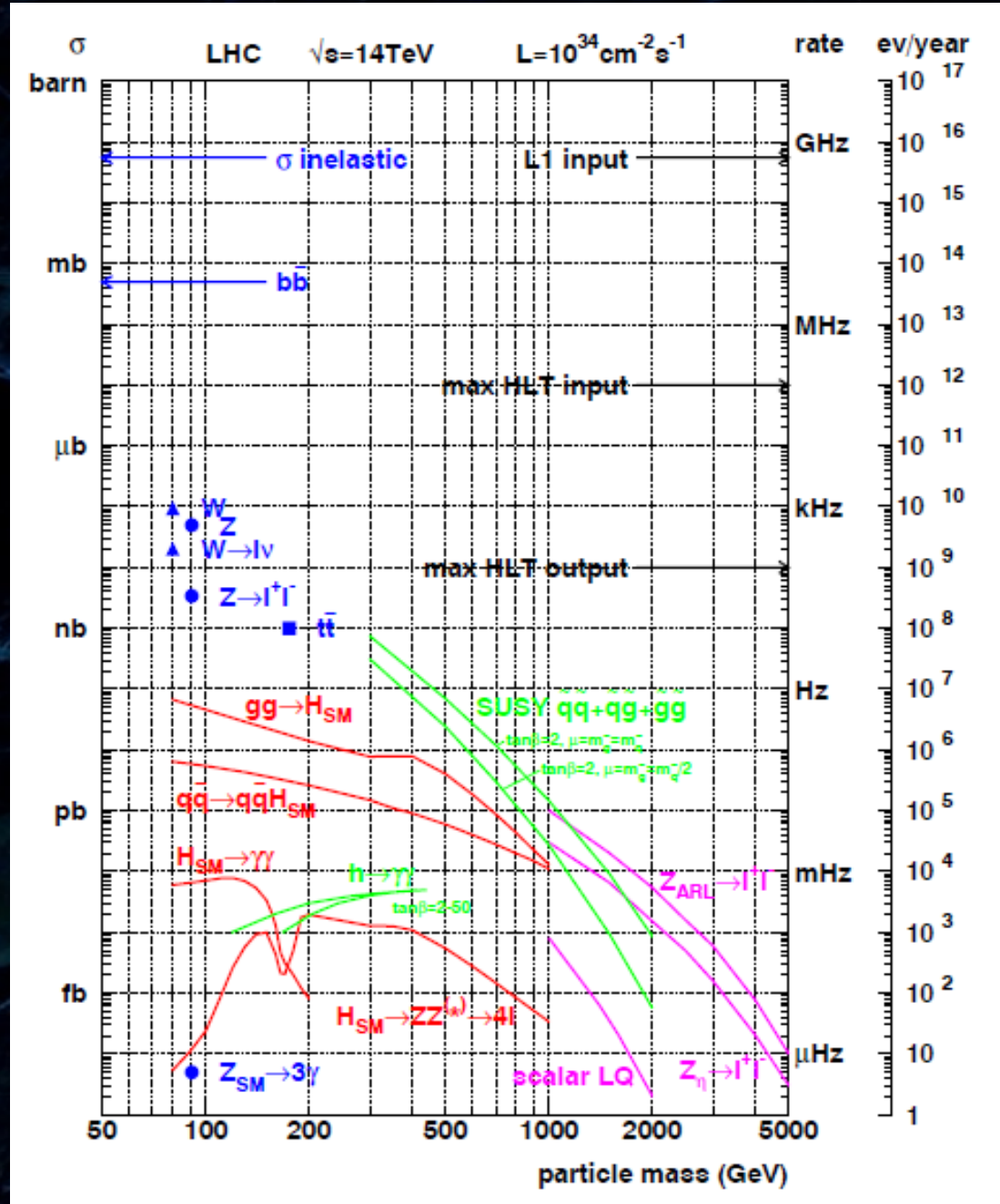
Level-1 trigger. 40 MHz input :

- Specialized processors (25 ns pipelined, latency < 1 μ s)
- Local pattern recognition and energy evaluation on prompt macro-granular information from calorimeter and muon detectors
- Particle identification: high p_T electron, photon, muon, jets, missing E_T



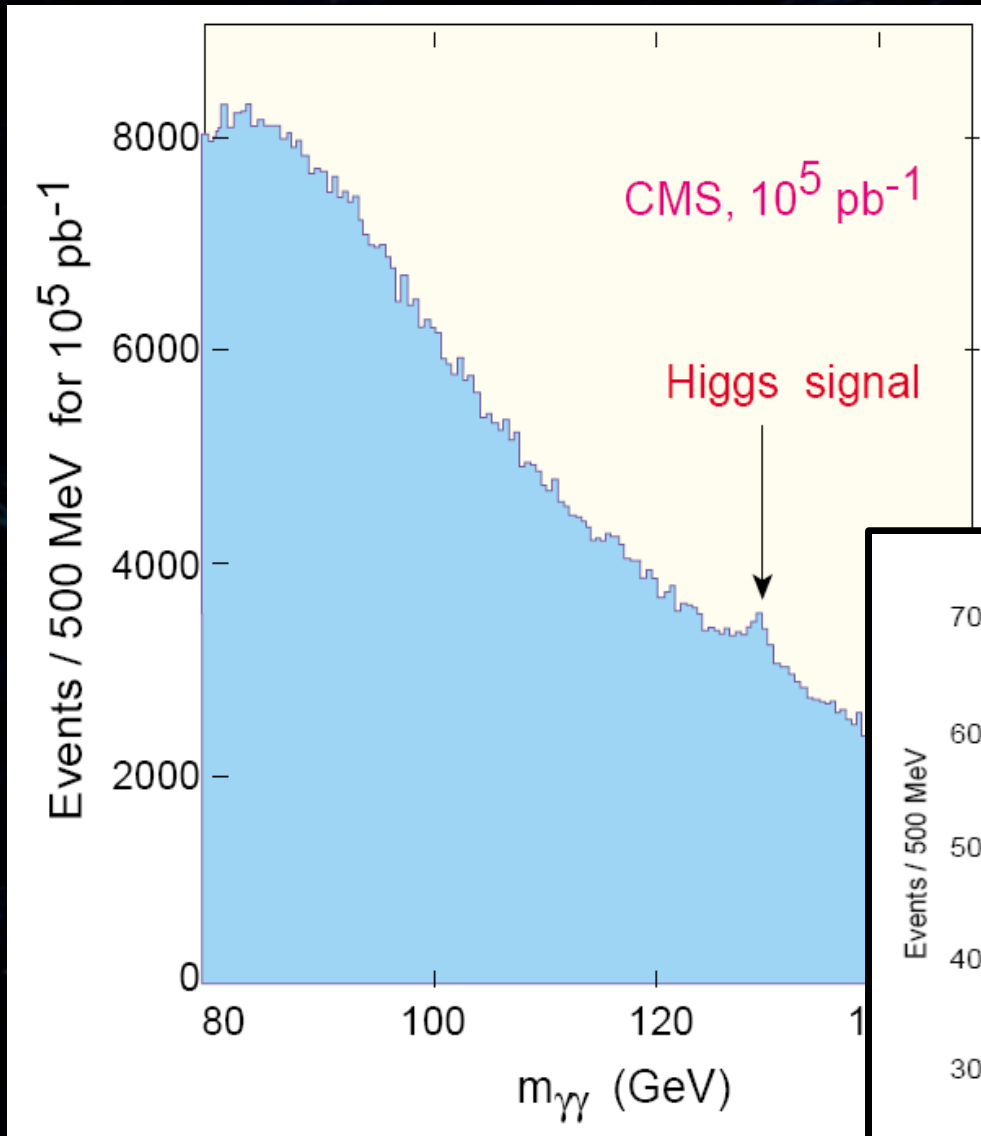
High trigger levels (>1). 100 kHz input :

- Large network of processor farms
- Clean particle signature. All detector data
- Finer granularity precise measurement
- Effective mass cuts and event topology
- Track reconstruction and detector matching
- Event reconstruction and analysis



Koniec

Higgs w LHC - przykład



- Wynik po „roku działania LHC”
- Słowa kluczowe: analiza, symulacje Monte Carlo, sygnał, tło, masa niezmiennicza

$$m_{\text{inv}} = \frac{1}{c^2} \sqrt{E^2 - |\vec{p}|^2 c^2}$$

