

# Jak zobaczyć cząstkę elementarną?

Piotr Traczyk

CALTECH/CERN

# 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





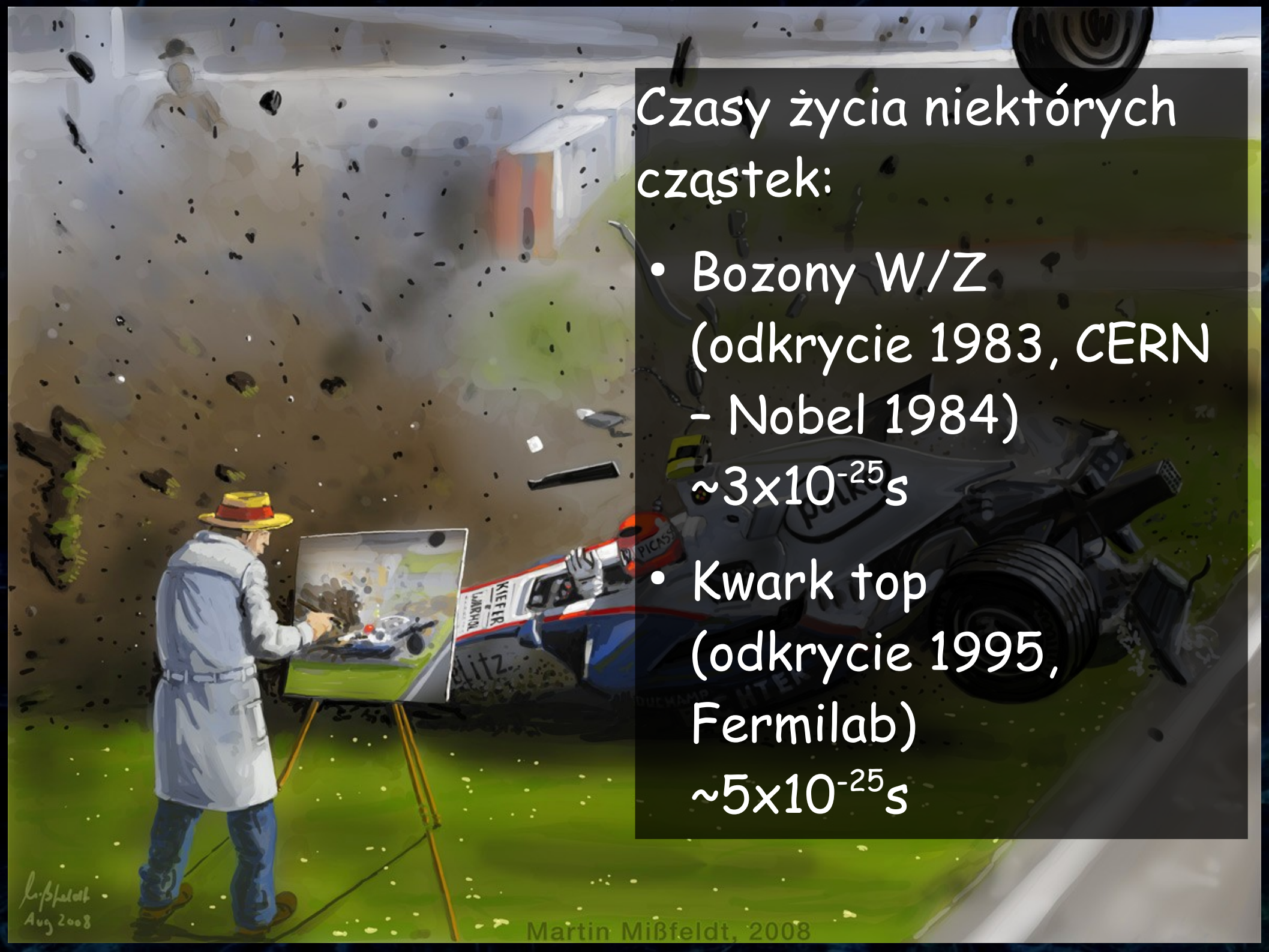




Mißfeldt  
Aug 2008

Martin Mißfeldt, 2008





Czasy życia niektórych cząstek:

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

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

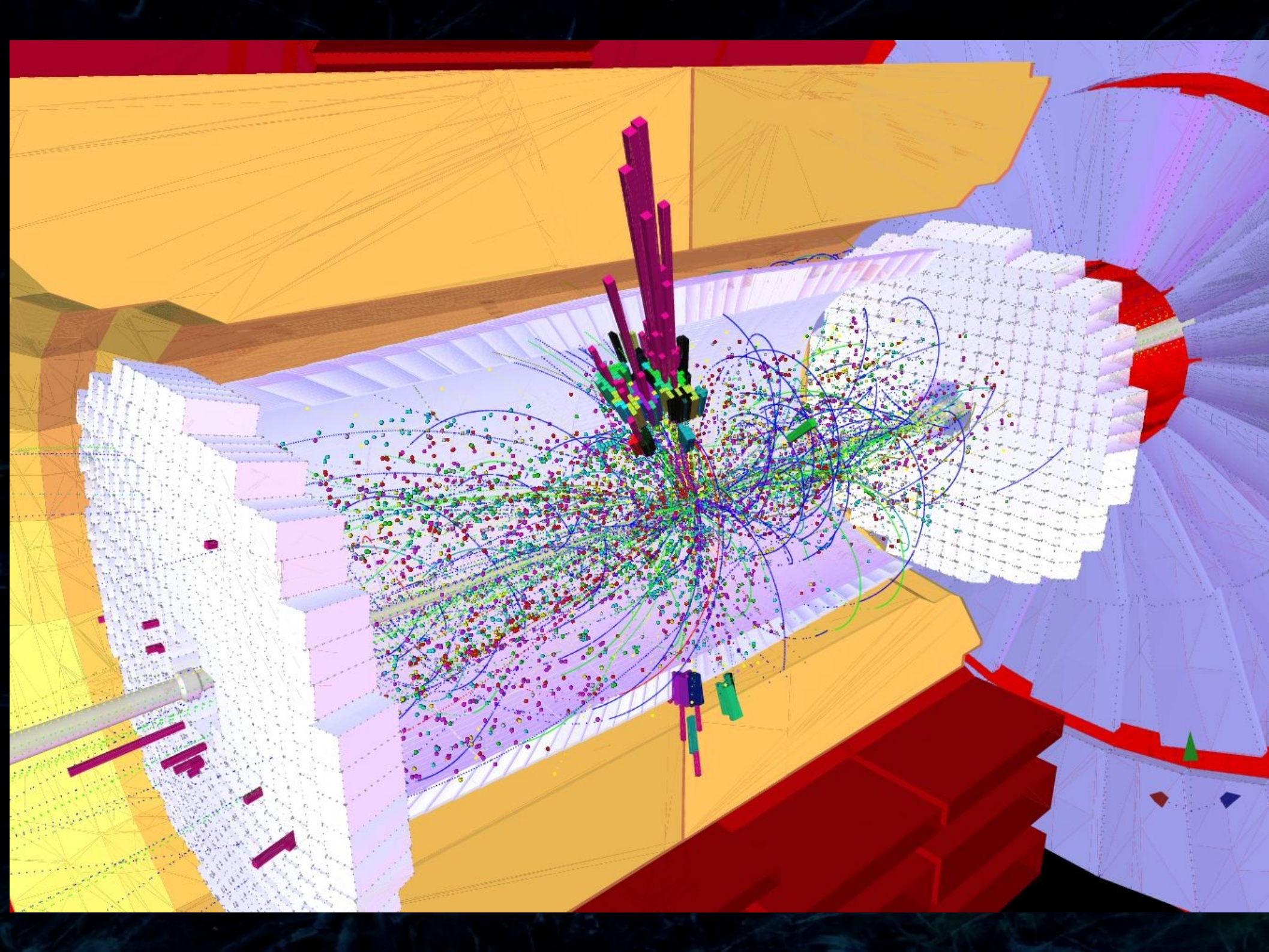
- Kwark top  
(odkrycie 1995,  
Fermilab)

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

# 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



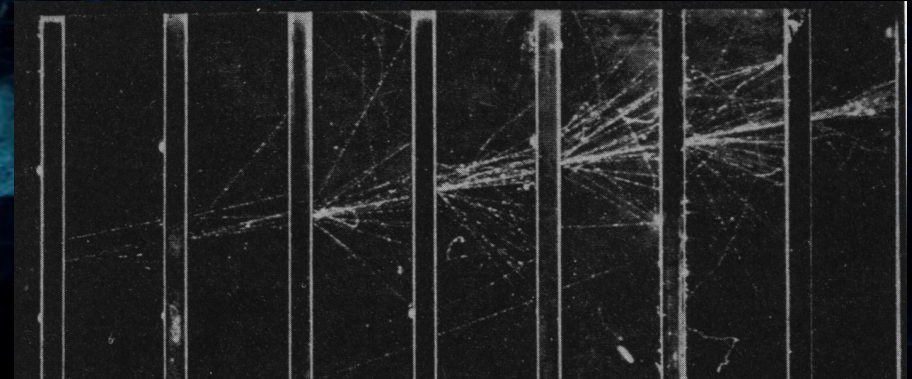


# Wybrane Metody rejestracji cząstek

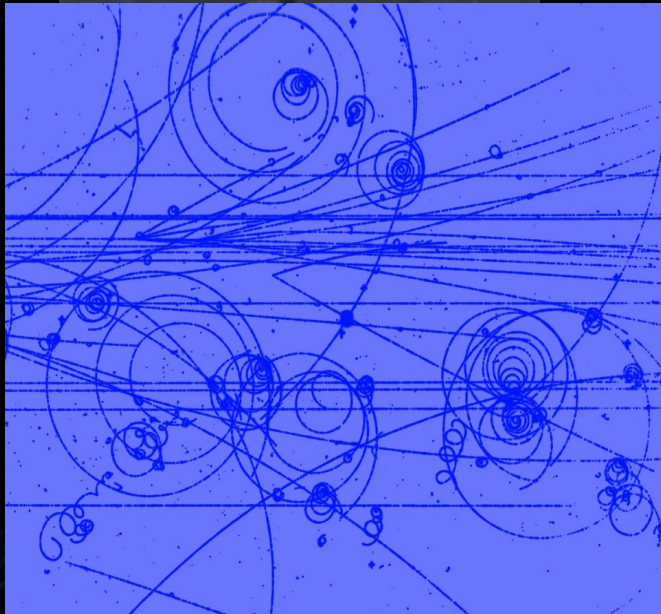
## Detektor śladowy



Albo

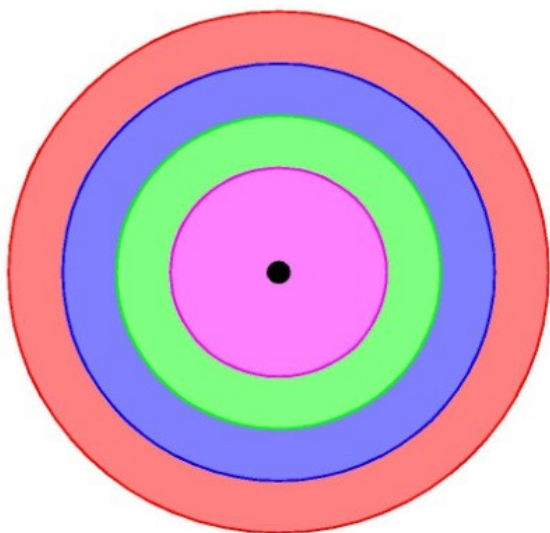
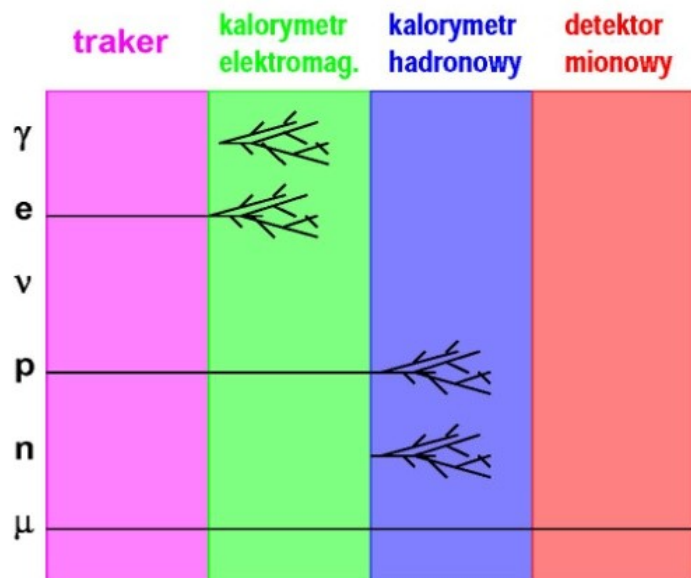


Kalorymetr



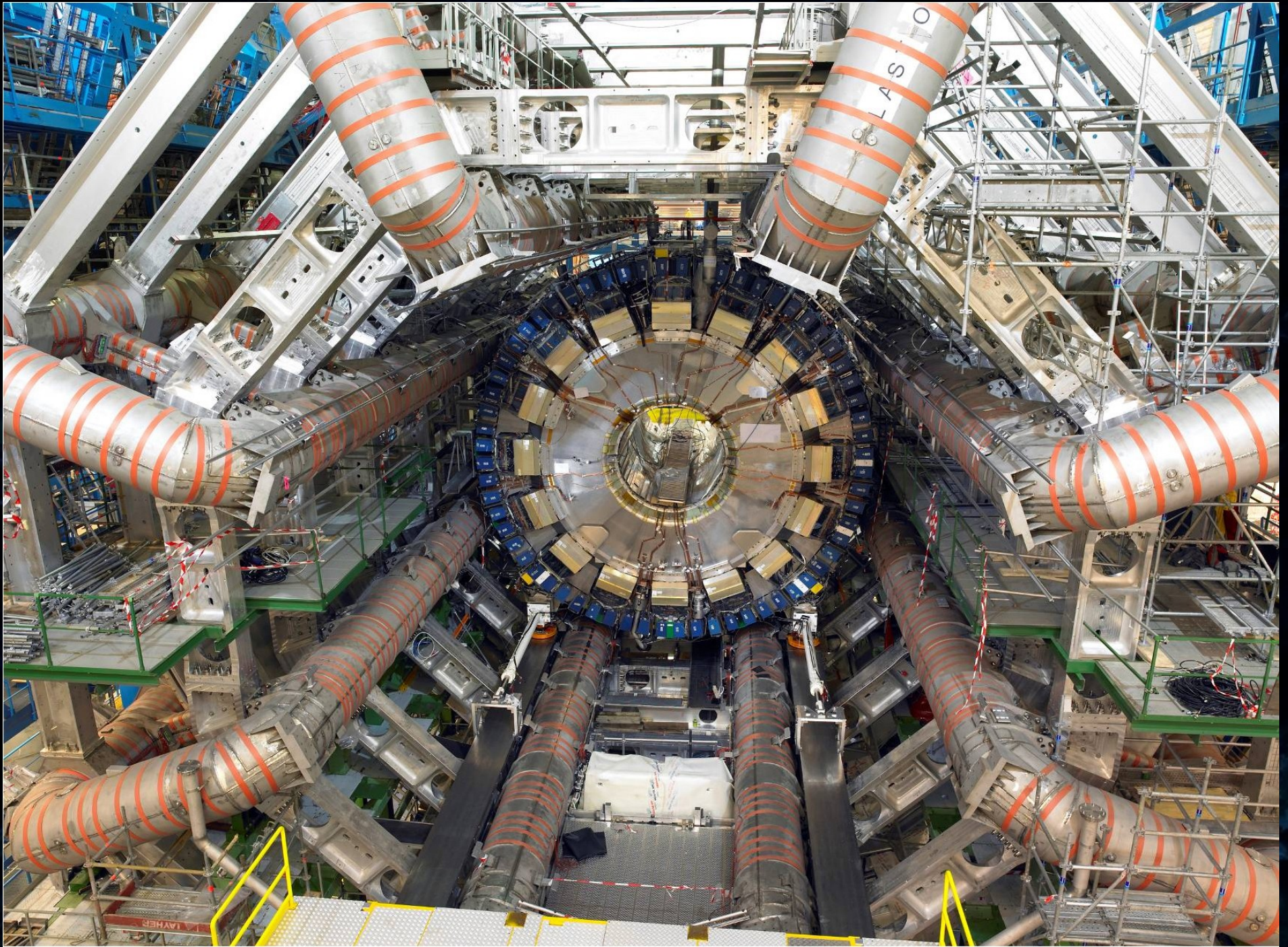


# Detektory cząstek są jak...



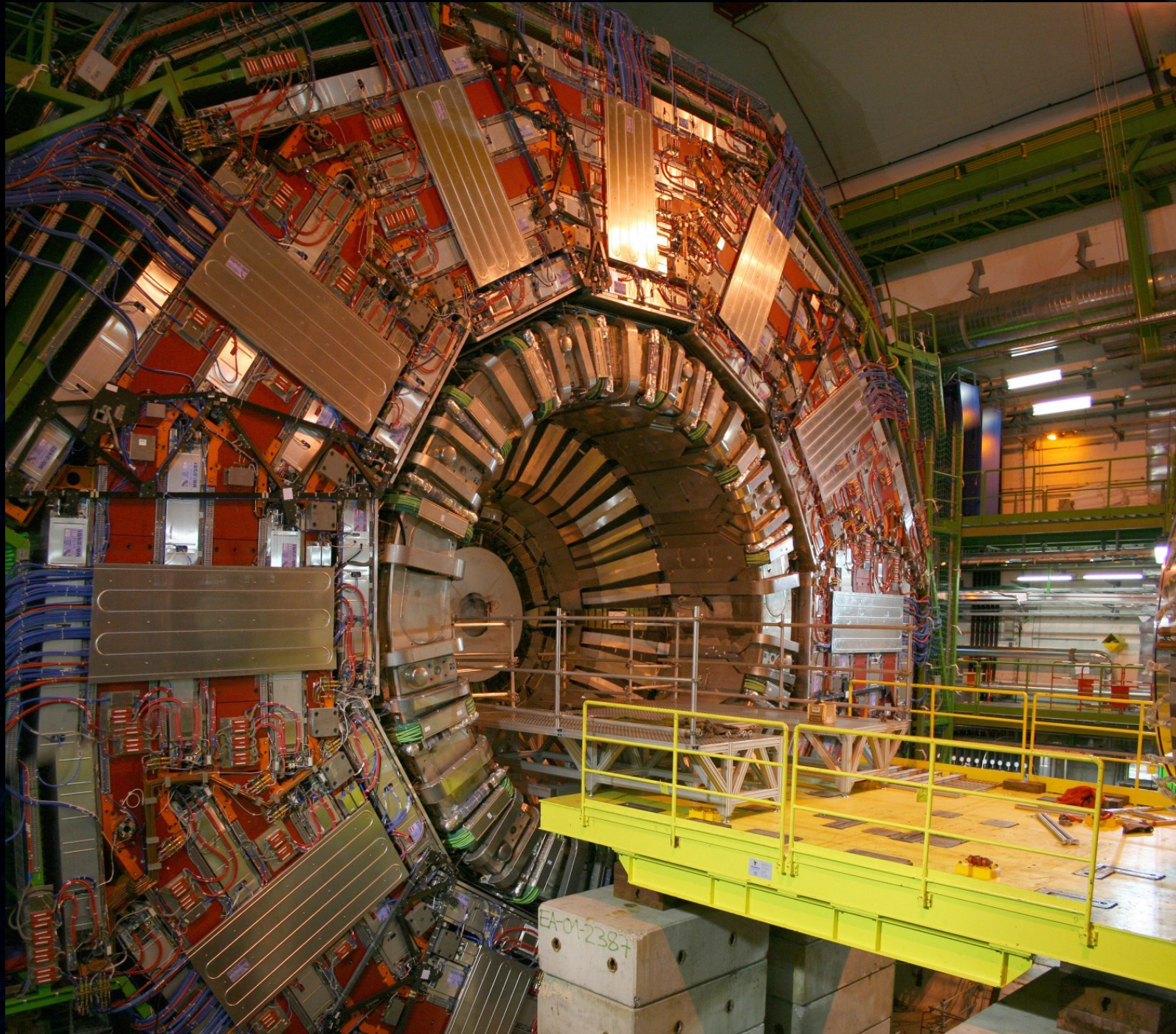


# ATLAS





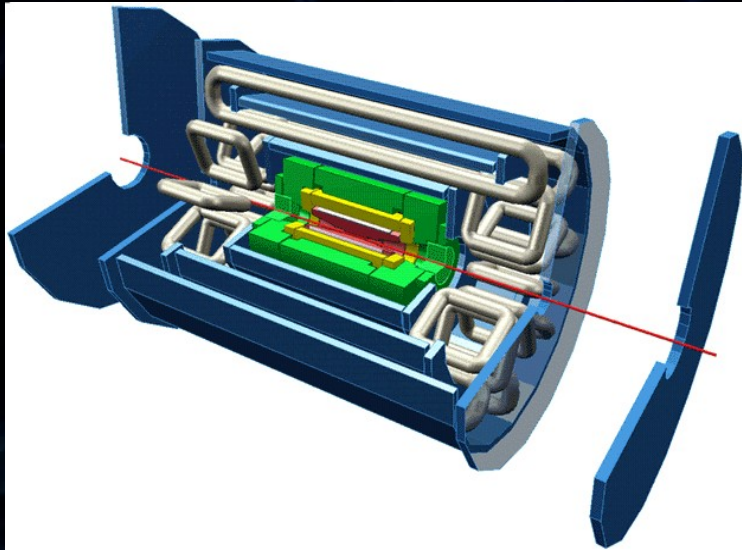
# CMS



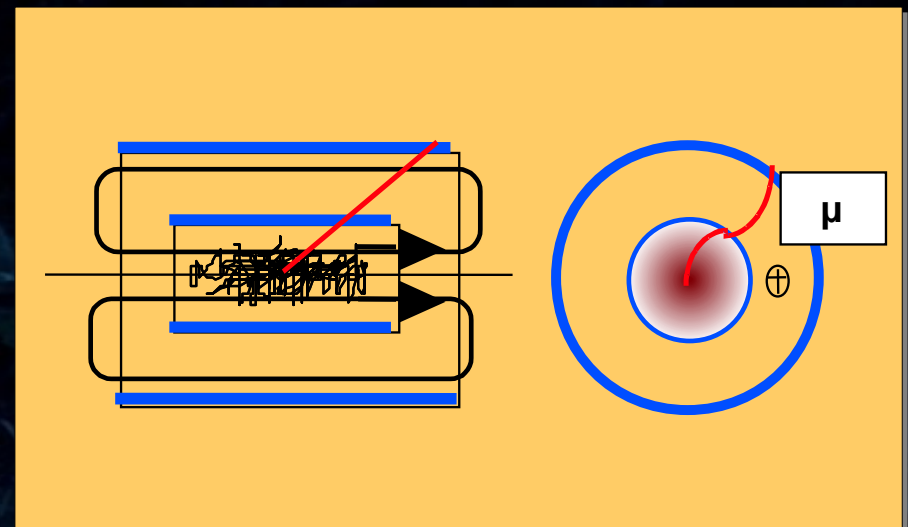
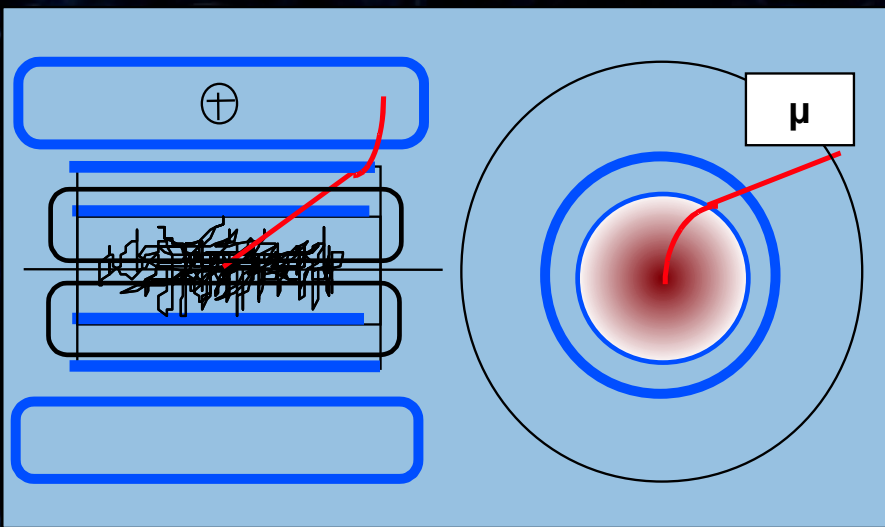
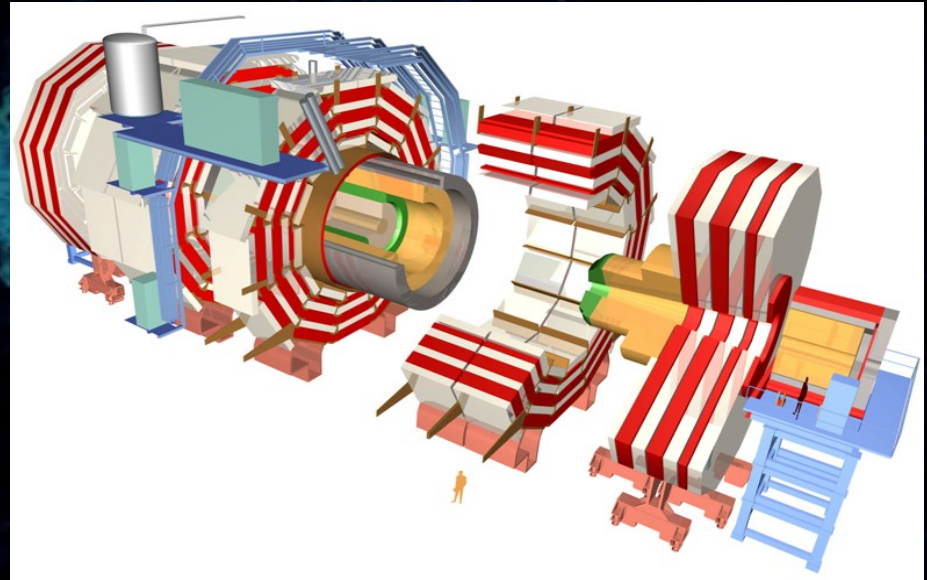


# Magnes

ATLAS A Toroidal LHC Apparatus



CMS Compact Muon Solenoid





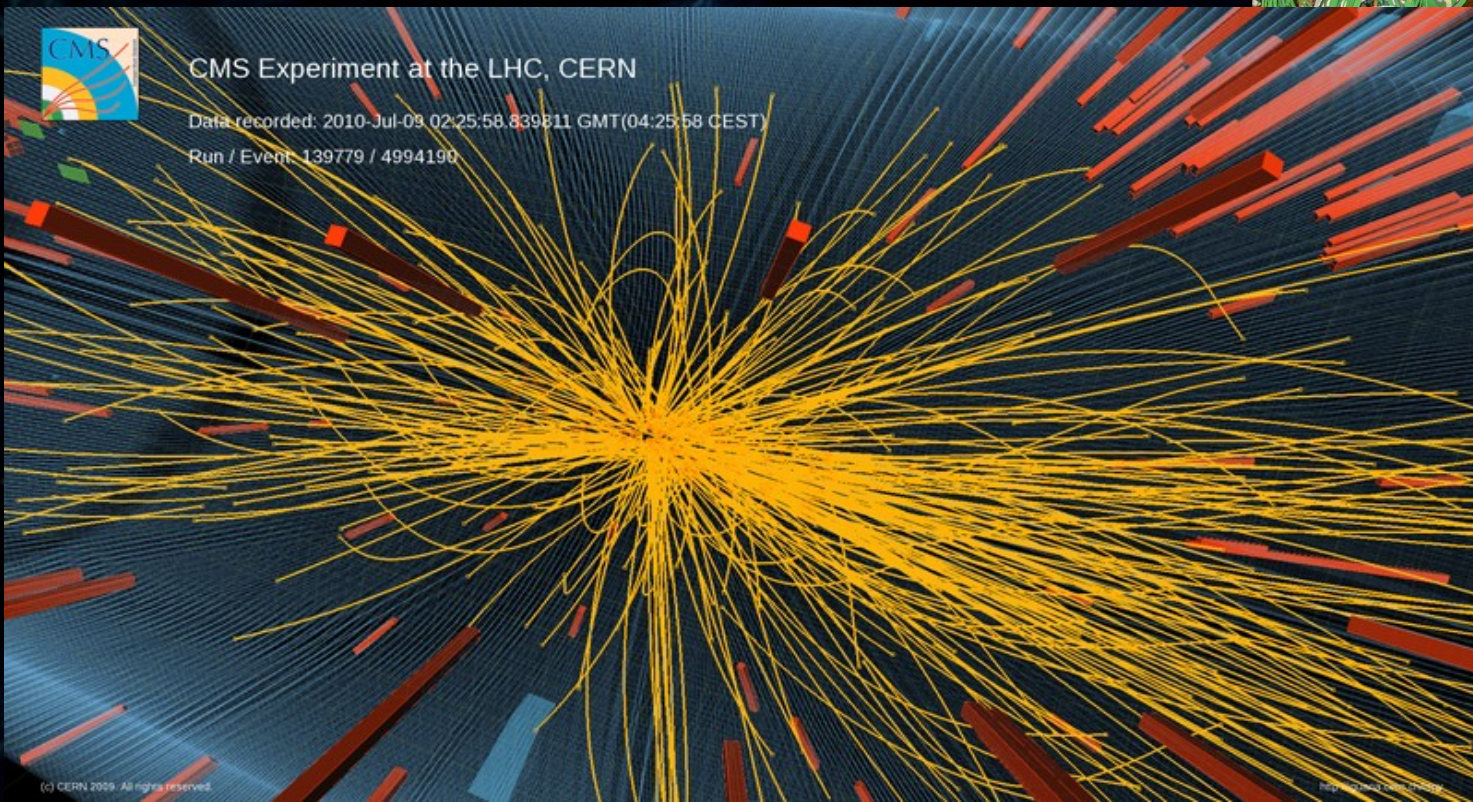
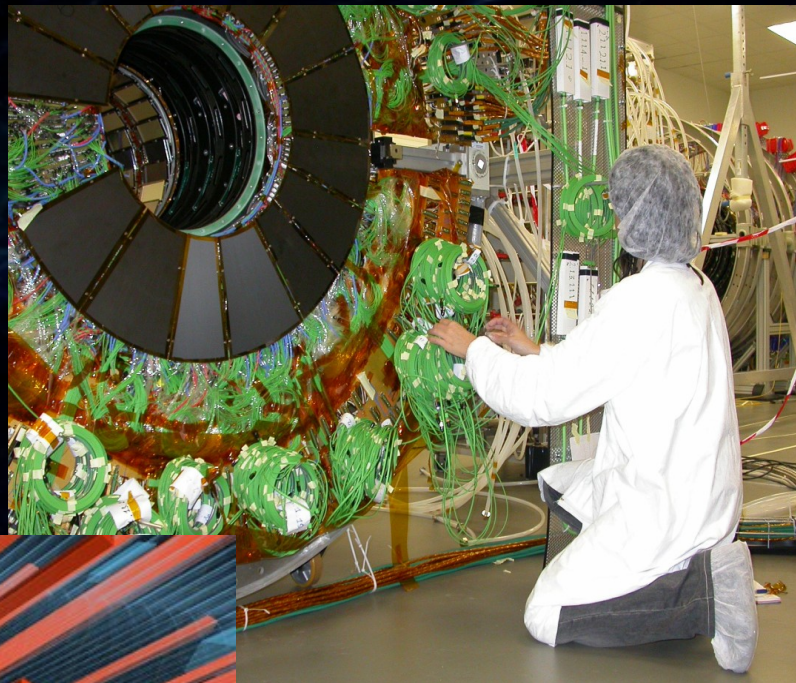
# Detektory śladowe

- Zadanie - wyznaczenie trajektorii cząstek naładowanych
- Pierwsze detektory śladowe - odczyt optyczny
  - Emulsja fotograficzna
  - Komora Wilsona (mgłowa), komora pęcherzykowa
  - Komora streamerowe, komory iskrowe
- W obecnych detektorach odczyt jest elektroniczny
  - Komory drutowe i komory proporcjonalne
  - Komory projekcji czasowej (TPC)
  - Detektory półprzewodnikowe



# Detektor śladowy (Tracker) w CMS

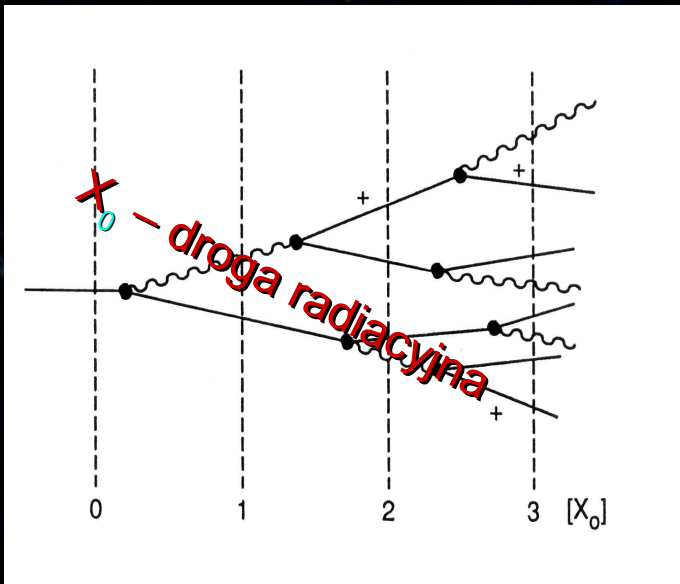
- Największy krzemowy detektor w historii - ponad 220m<sup>2</sup> krzemu, 75 milionów kanałów odczytu





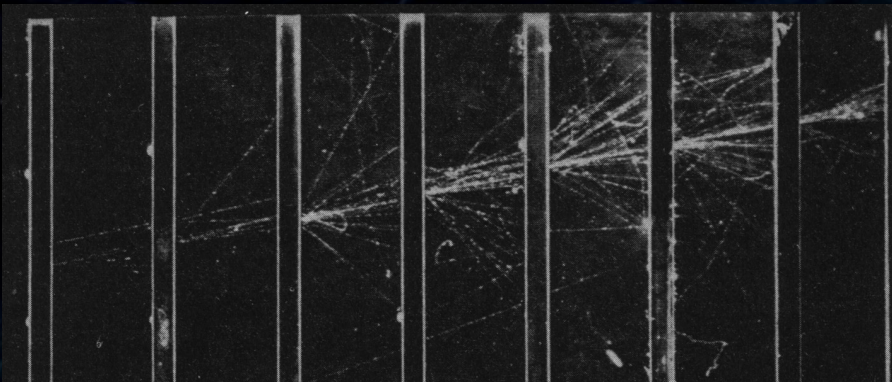
# Kalorymery

- Detektory mierzące energię cząstek przez ich całkowitą absorpcję



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

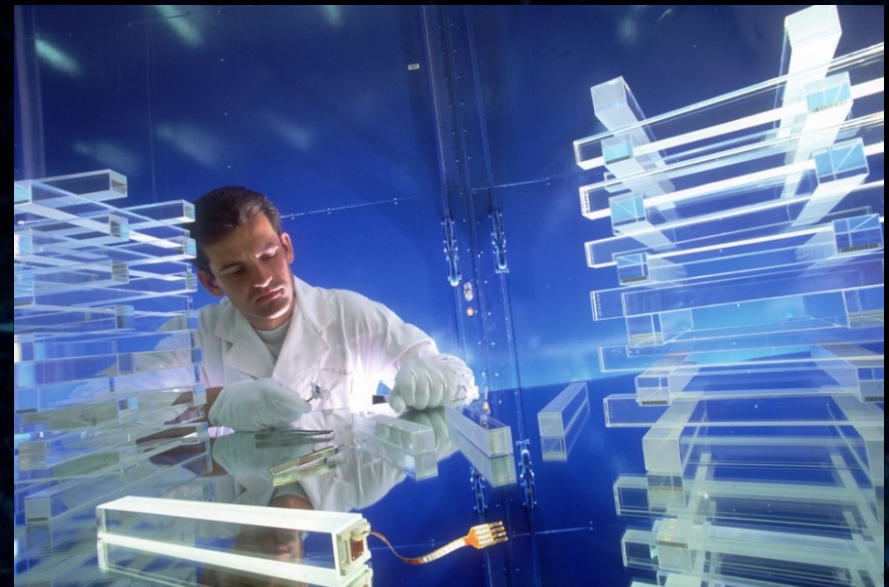
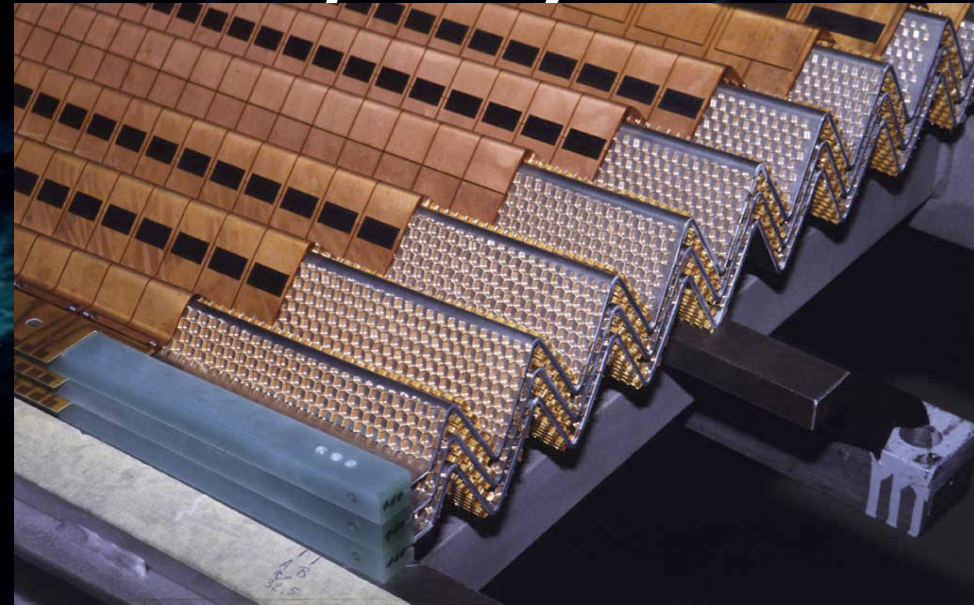
- Powietrze	30 420 cm
- Woda	36,1 cm
- Grafit	18,8 cm
- Żelazo	1,76 cm
- Ołów	0,56 cm
- Uran	0,32 cm





# Kalorymetry Elektromagnetyczne

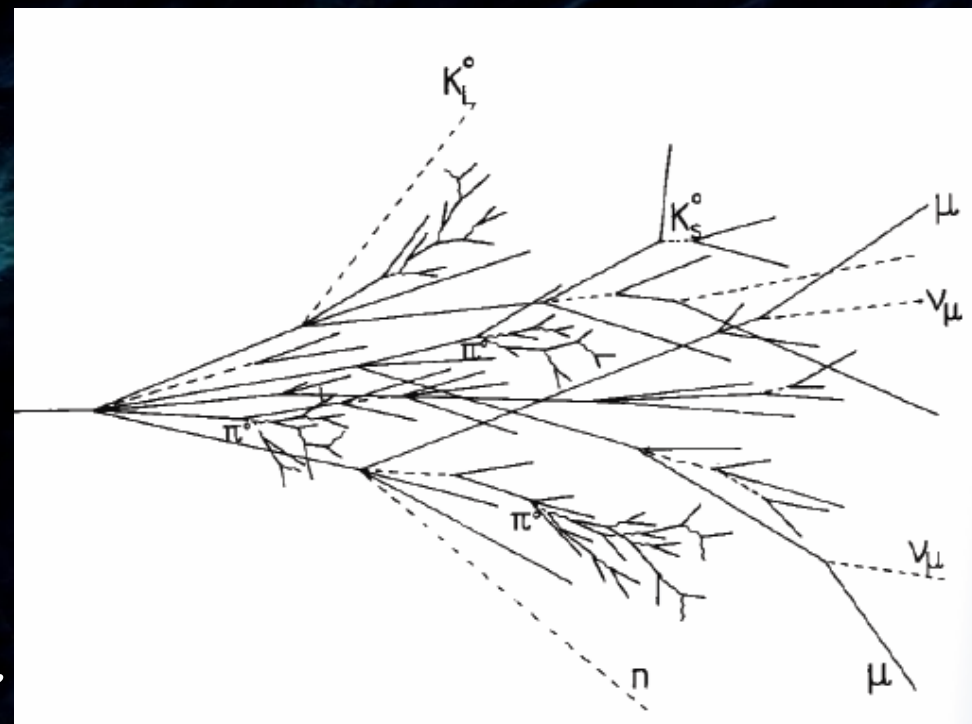
- Pomiar energii elektronów i fotonów
- Kalorymetry próbkujące (np. ATLAS) - naprzemienne warstwy absorbera i materiału aktywnego (w tym przypadku ciekły argon)
- Kalorymetry jednorodne (np. CMS) - kryształy  $\text{PbWO}_4$ , jednocześnie scyntylator i absorber





# Kalorymetry Hadronowe

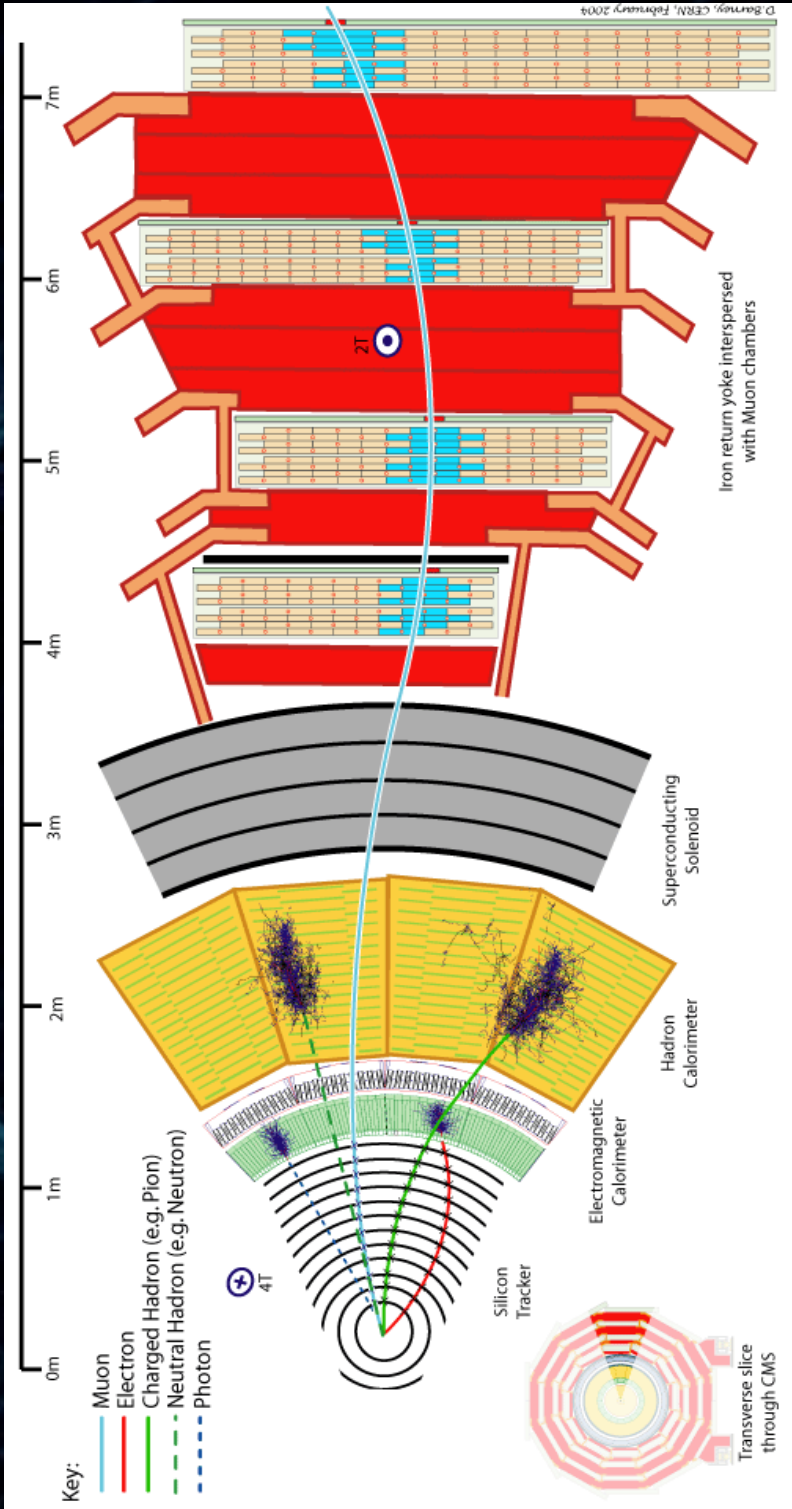
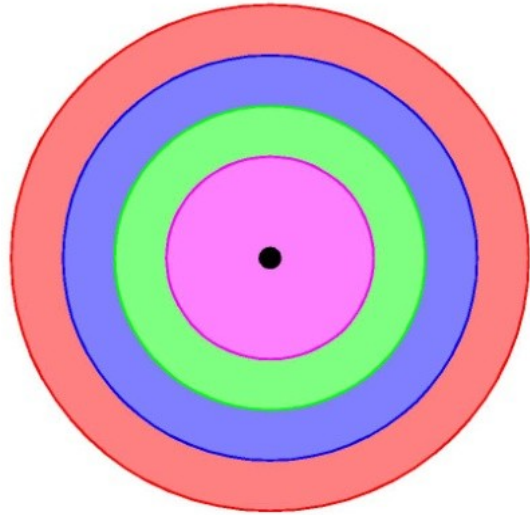
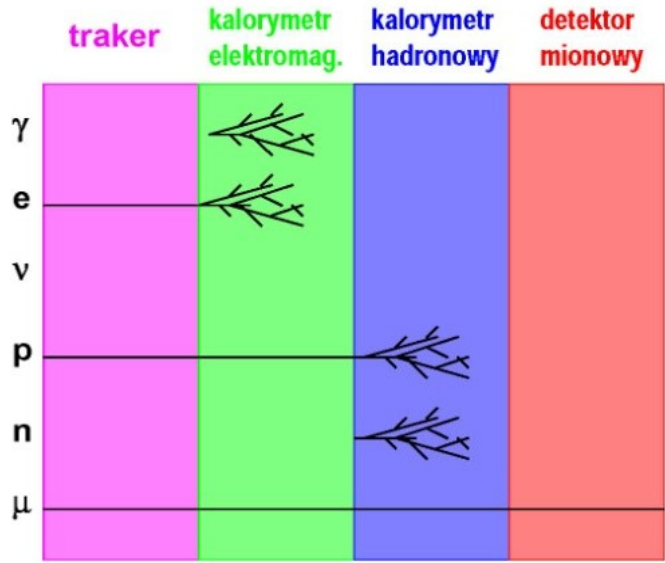
- Pomiar energii hadronów, na podobnej zasadzie (obserwacja kaskad)
- Dwie składowe kaskady hadronowej:
  - Hadronowa - naładowane hadrony, **neutralne hadrony, rozbite jądra, neutrina**
  - Elektromagnetyczna - fotony z rozpadu  $\pi^0$



Część niewidzialna -  
Dodatkowe fluktuacje  
pomiaru



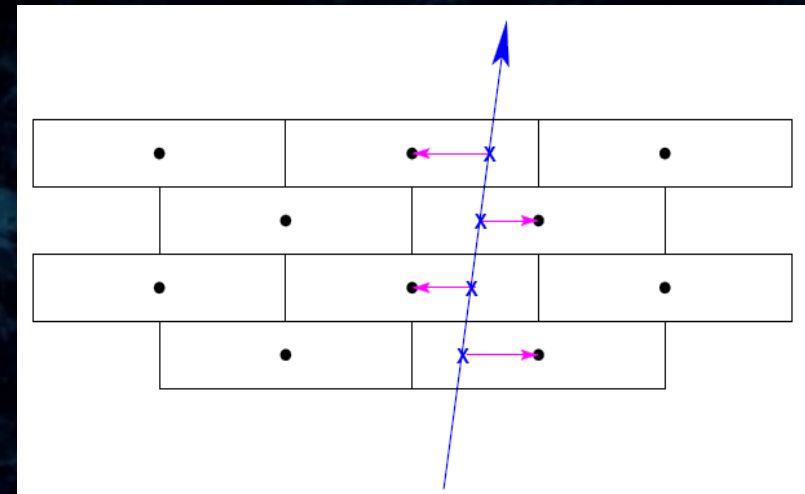
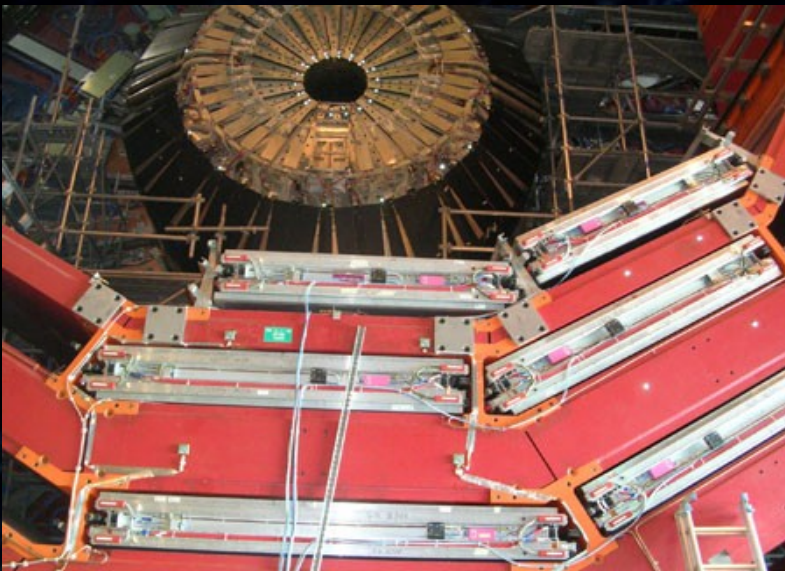
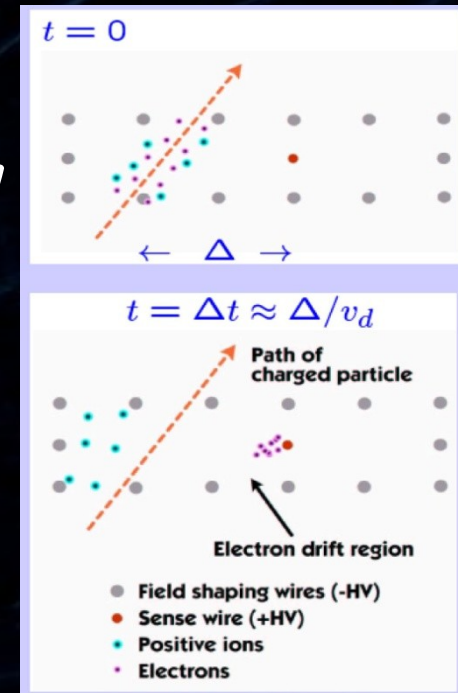
# przypomnienie...





# System Mionowy CMS - Komory Dryfowe

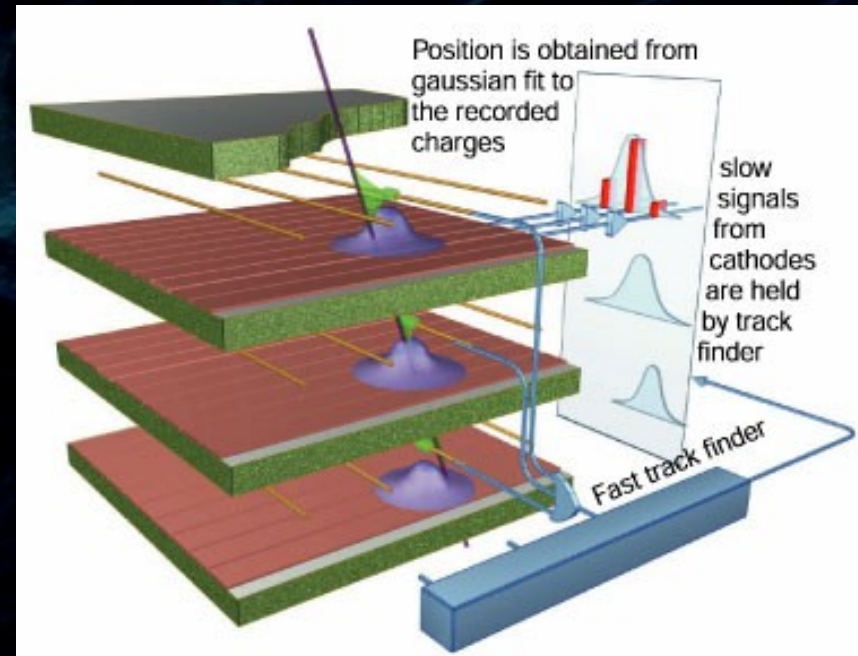
- Pomiar trajektorii mionów w „beczce”
- Mierzony czas dryfu chmury elektronów powstałych po przejściu mionu
- Znana prędkość dryfu  $\rightarrow$  pomiar odległości (precyzja  $\sim 50\text{-}200\mu\text{m}$ )
- Geometria b. ważna - „alignment“!





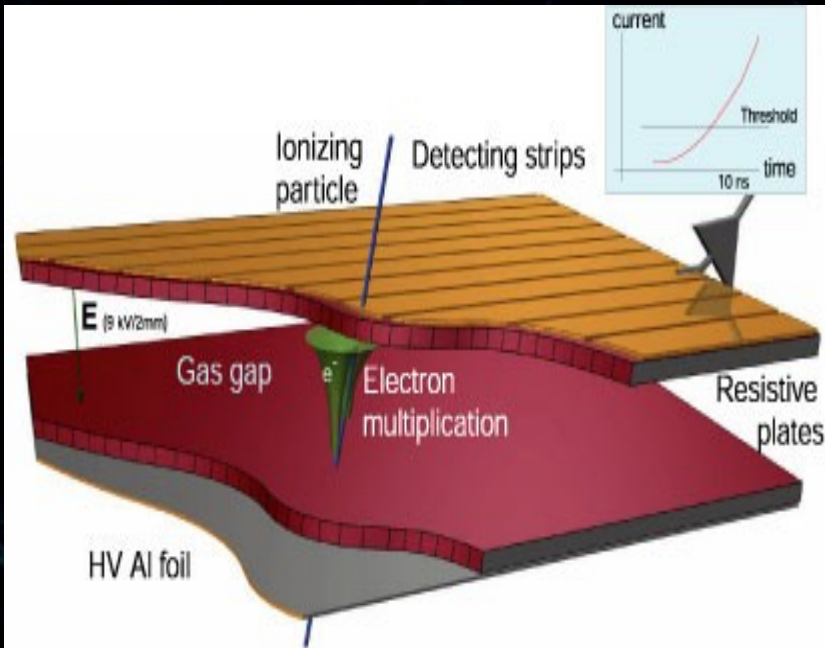
# Komory z odczytem katodowym

- Pomiar trajektorii mionów w „pokrywach” detektora
- Detektor gazowy, warstwy drutów anodowych i „pasków” katodowych

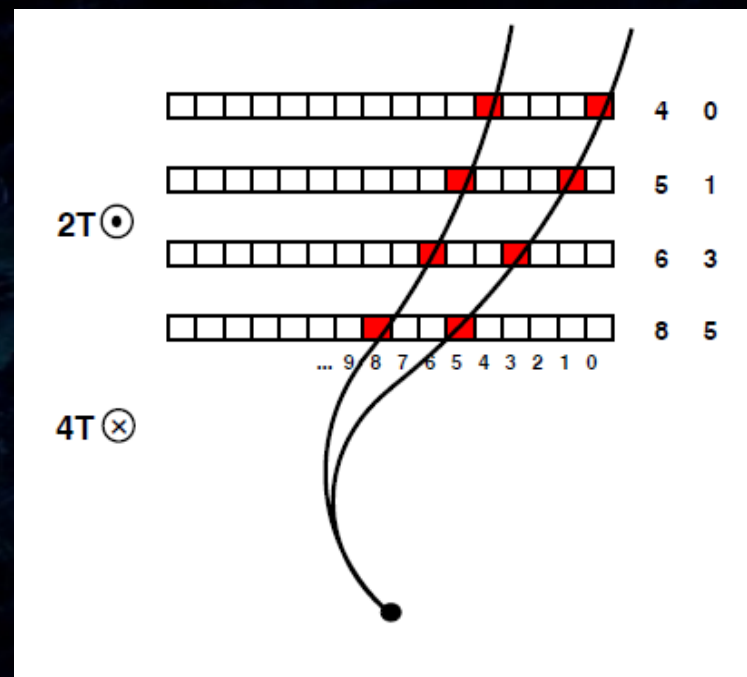
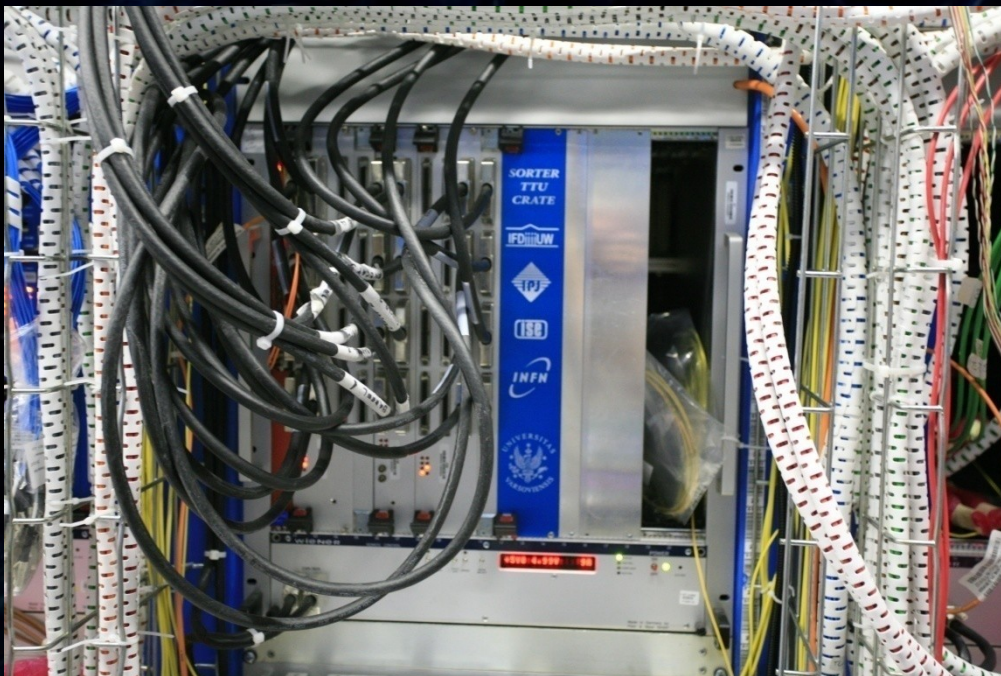




# Komory RPC

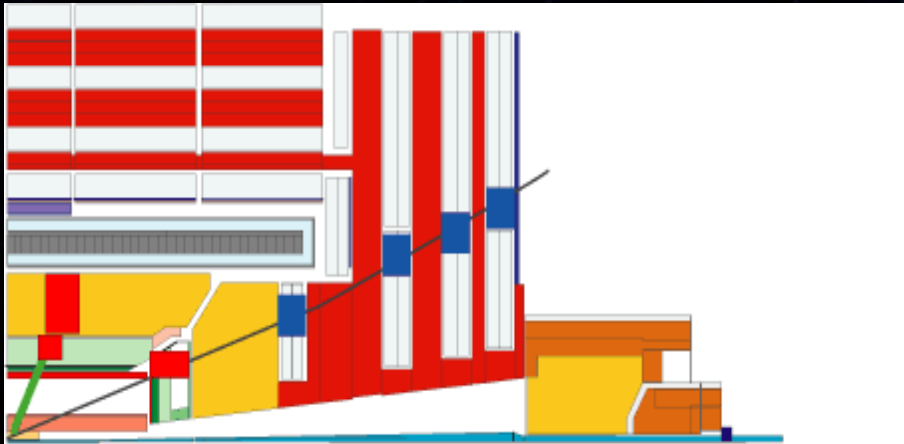


- Cel - szybkie oszacowanie pędu mionu dla systemu wyzwiania
- Odpowiada za to układ PACT - PAtern ComparaTor (IFD UW + IPJ + PW W-wa)



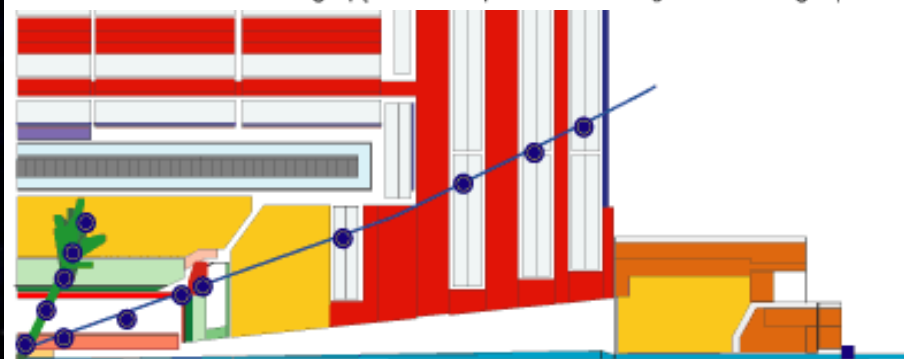


# Układ wyzwalania (Trigger)



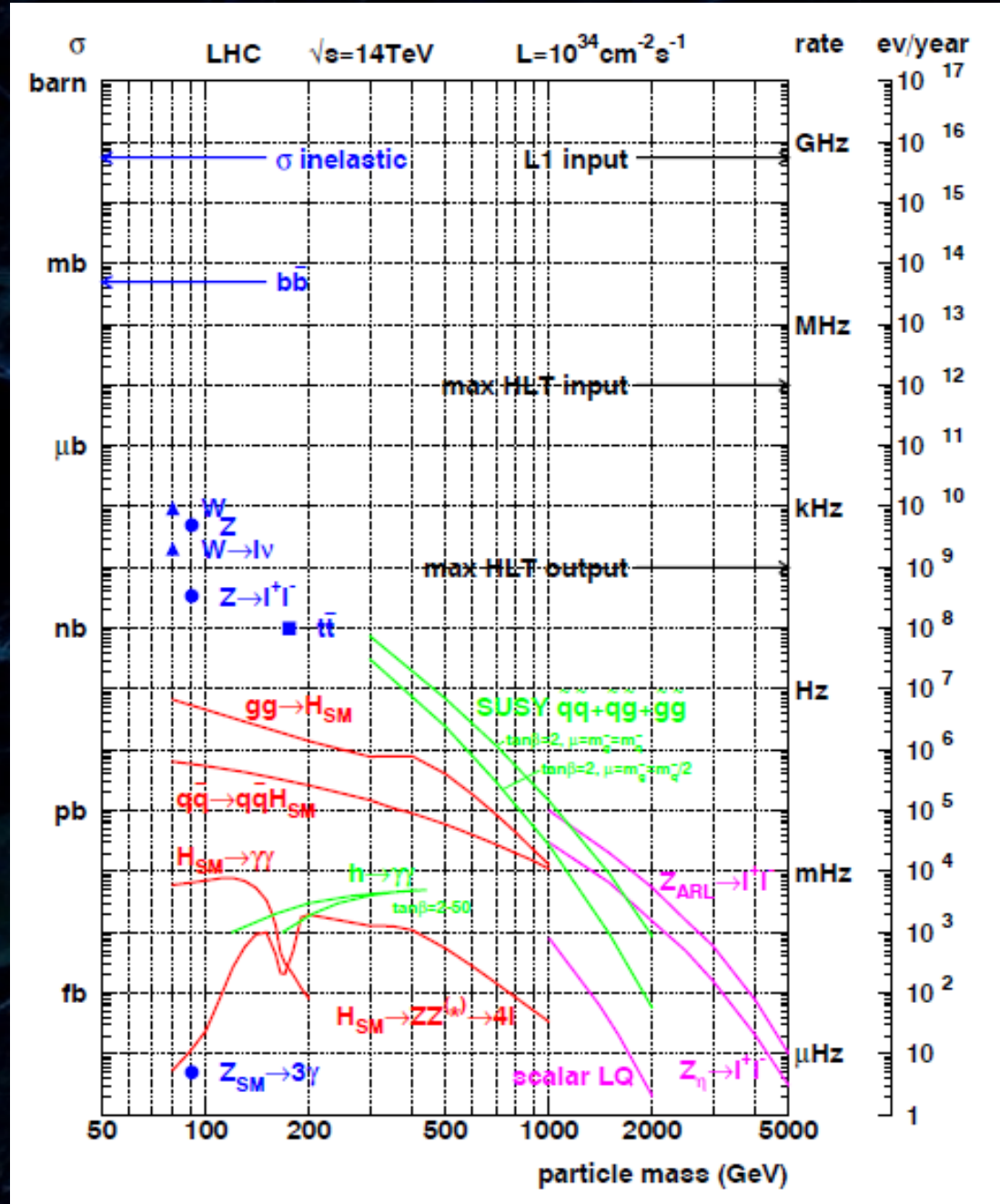
## Level-1 trigger. 40 MHz input :

- Specialized processors (25 ns pipelined, latency < 1  $\mu$ 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

