

Particle Physics - laboratory

1. Reconstruction of different types of particles
2. Decay $K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$, $\Lambda \rightarrow p \pi^-$ in detector
3. ROOT (GUI, CINT, c++ macros)
4. PyROOT (including DataFrame)
5. Jupyter Notebook
6. UPROOT

Detektory

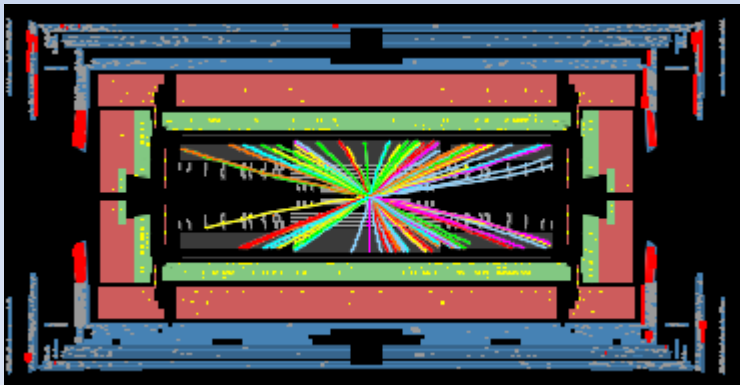
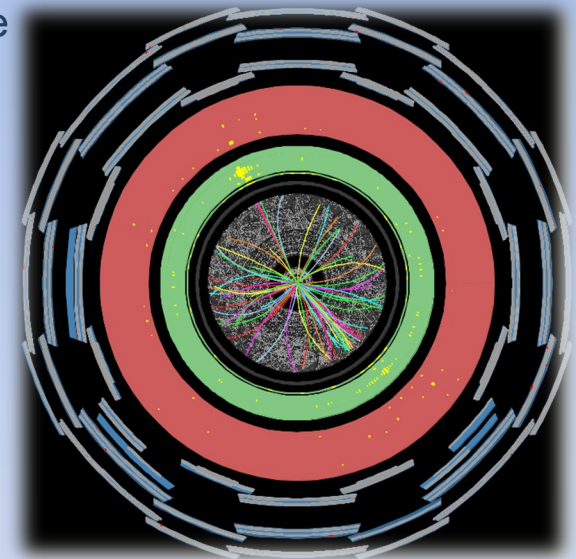
Zadaniem detektorów jest **rejestracja** powstałych w zderzeniu cząstek.

W wyniku zderzeń wysokoenergetycznych protonów powstaje **kilka tysięcy cząstek wtórnych** – naładowanych (pionów, kaonów, protonów, elektronów, mionów) oraz neutralnych (fotonów, neutronów, neutrin).

Ich detekcja jest możliwa dzięki **rejestracji depozytów energii** straconej przy przejściu cząstek przez materiał czynny **detektora**.

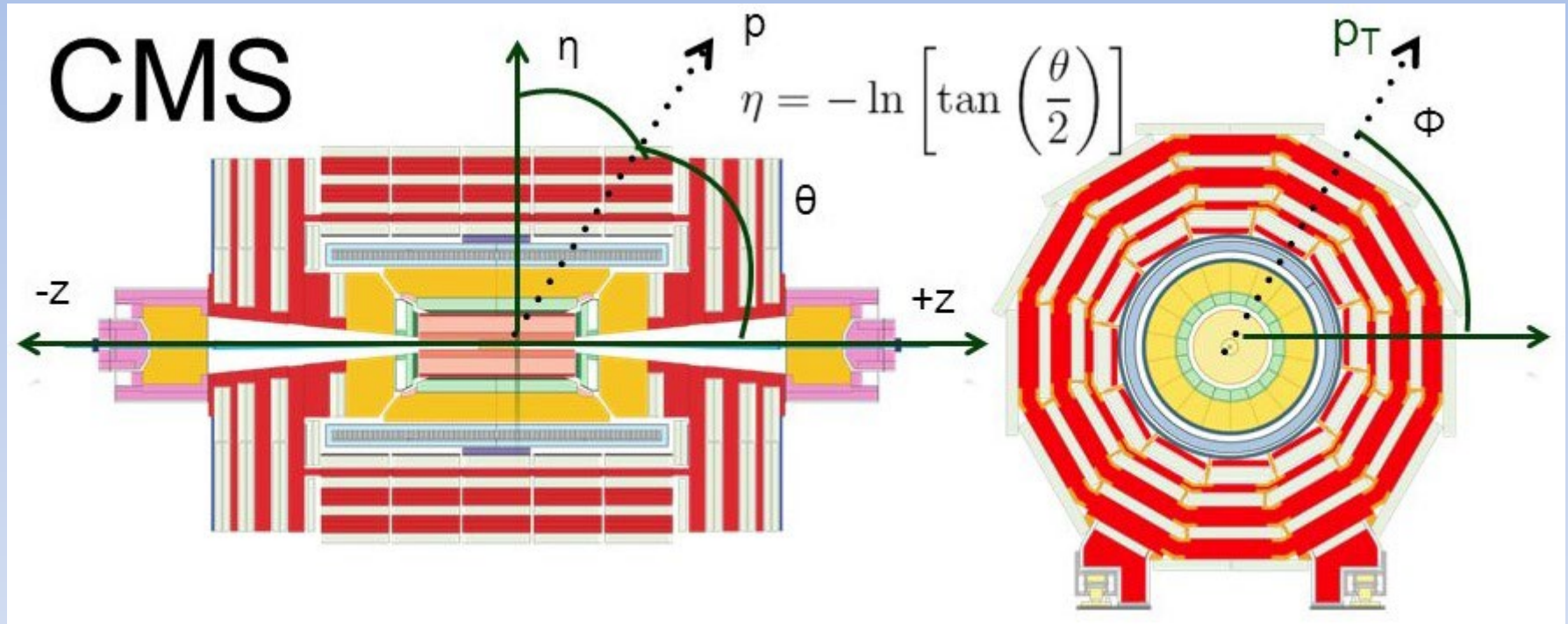
Energia ta jest następnie zamieniana na **sygnały elektryczne** przetwarzane dalej przez oprogramowanie.

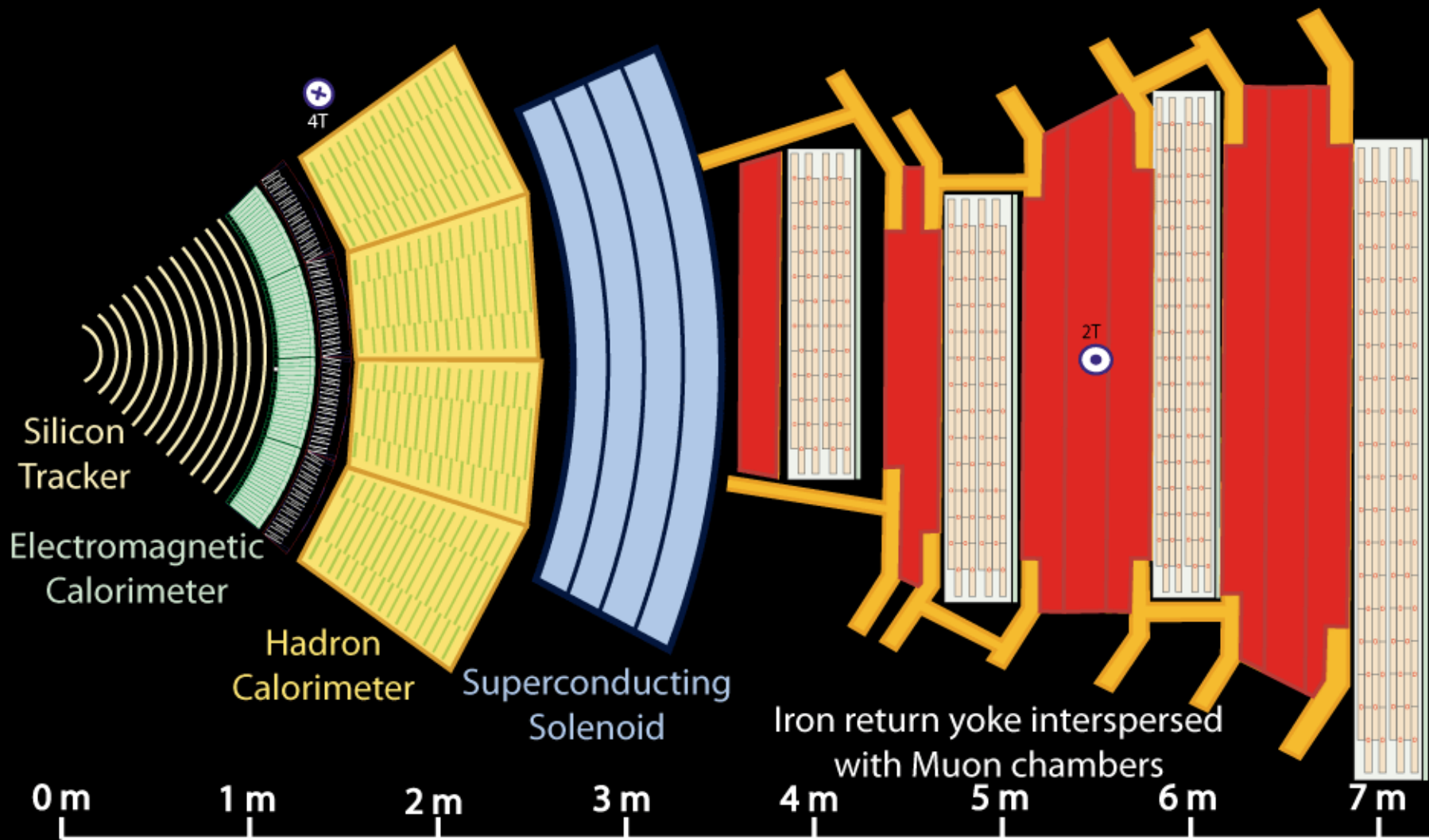
Najciekawsze przypadki są **zapisywane** do dalszej obróbki.



Fizycy zajmują się **opracowaniem kryteriów wyboru przypadków**, które zostały przewidziane przez nową teorię lub które podważają obecnie istniejące poglądy.

Detekcja





Key:

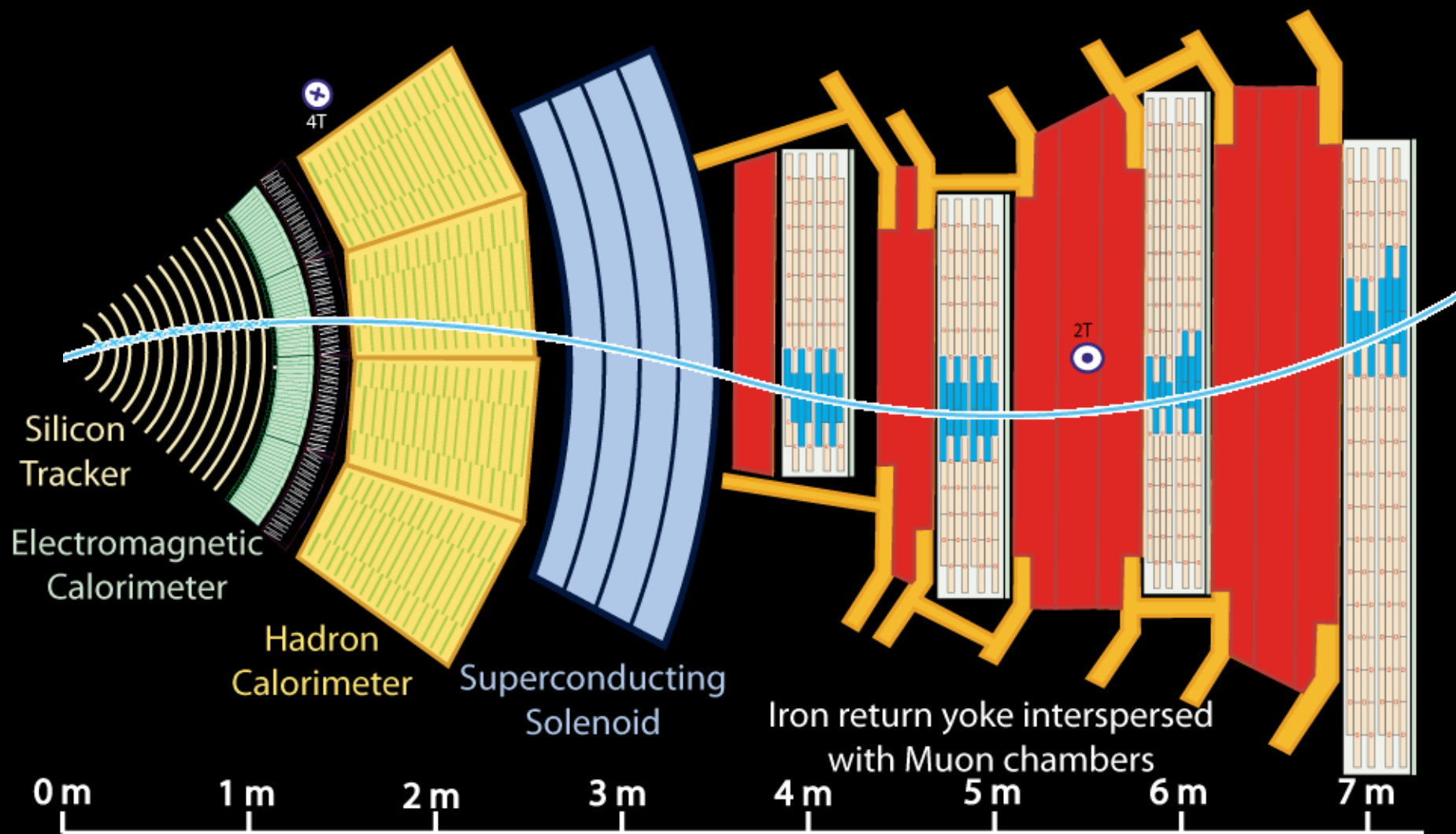
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

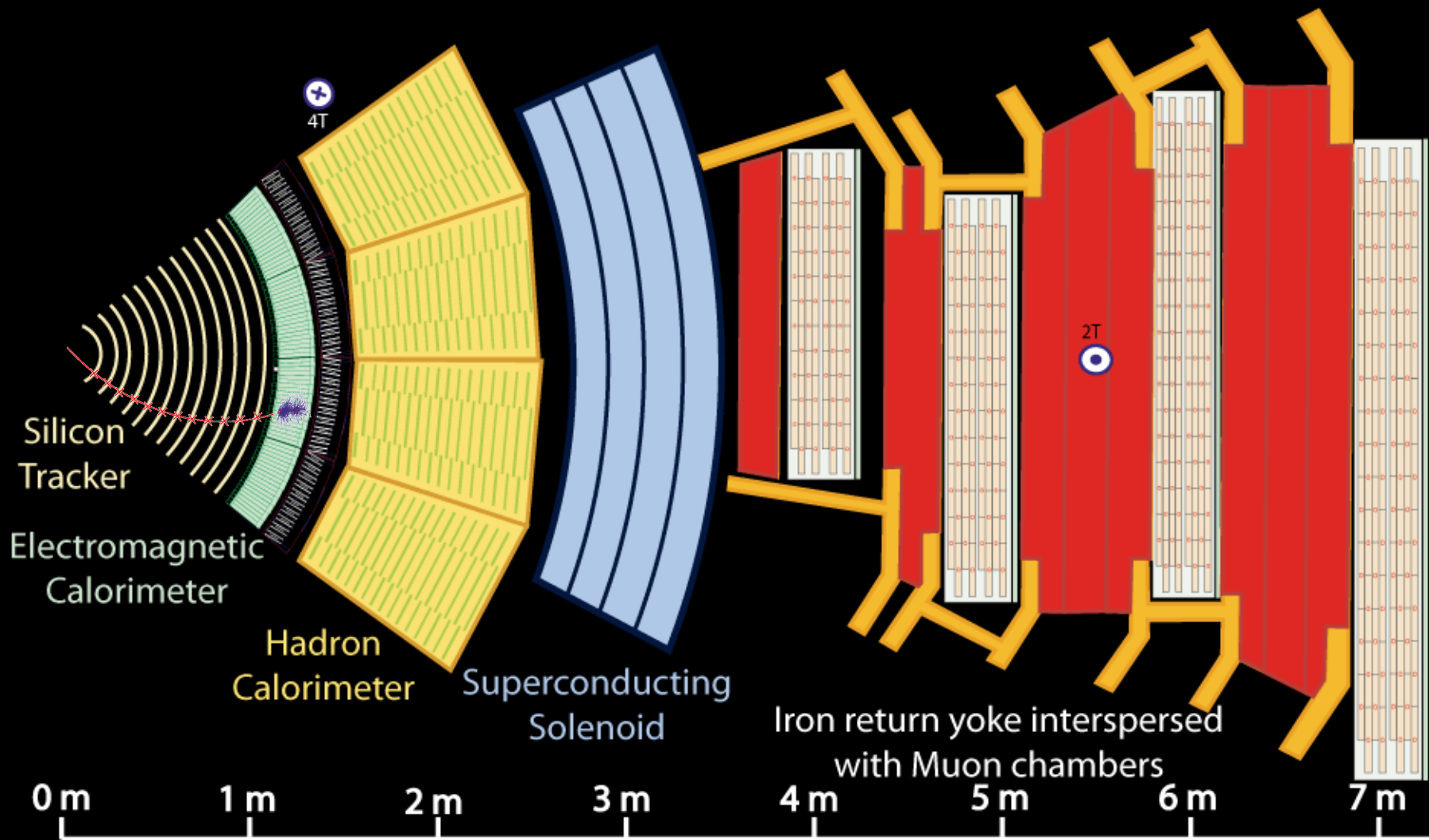
- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon



Key:

- Muon
- Electron
- Charged Hadron (e.g. Pion)
- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)
- - - Photon



Key:

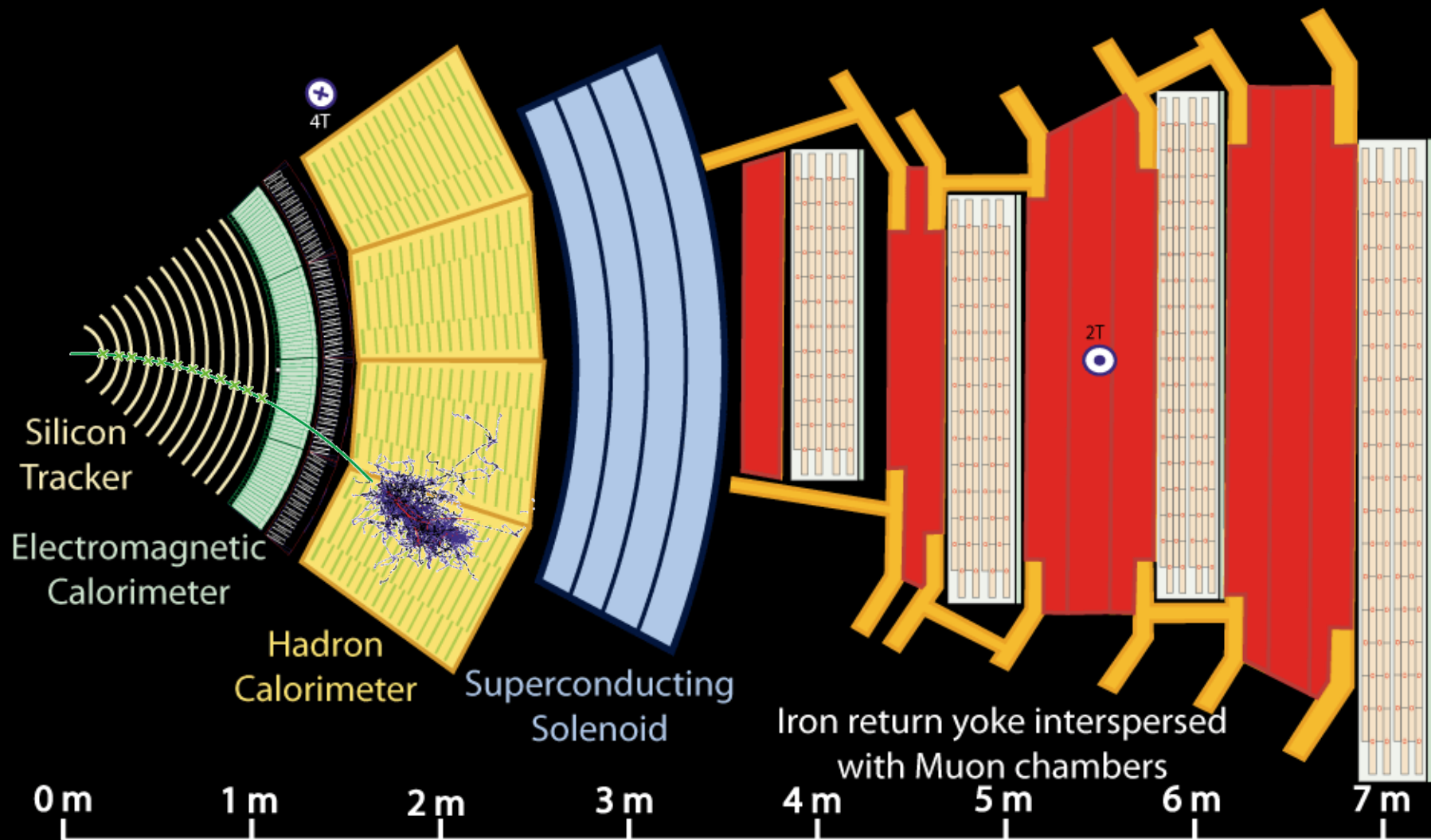
— Muon

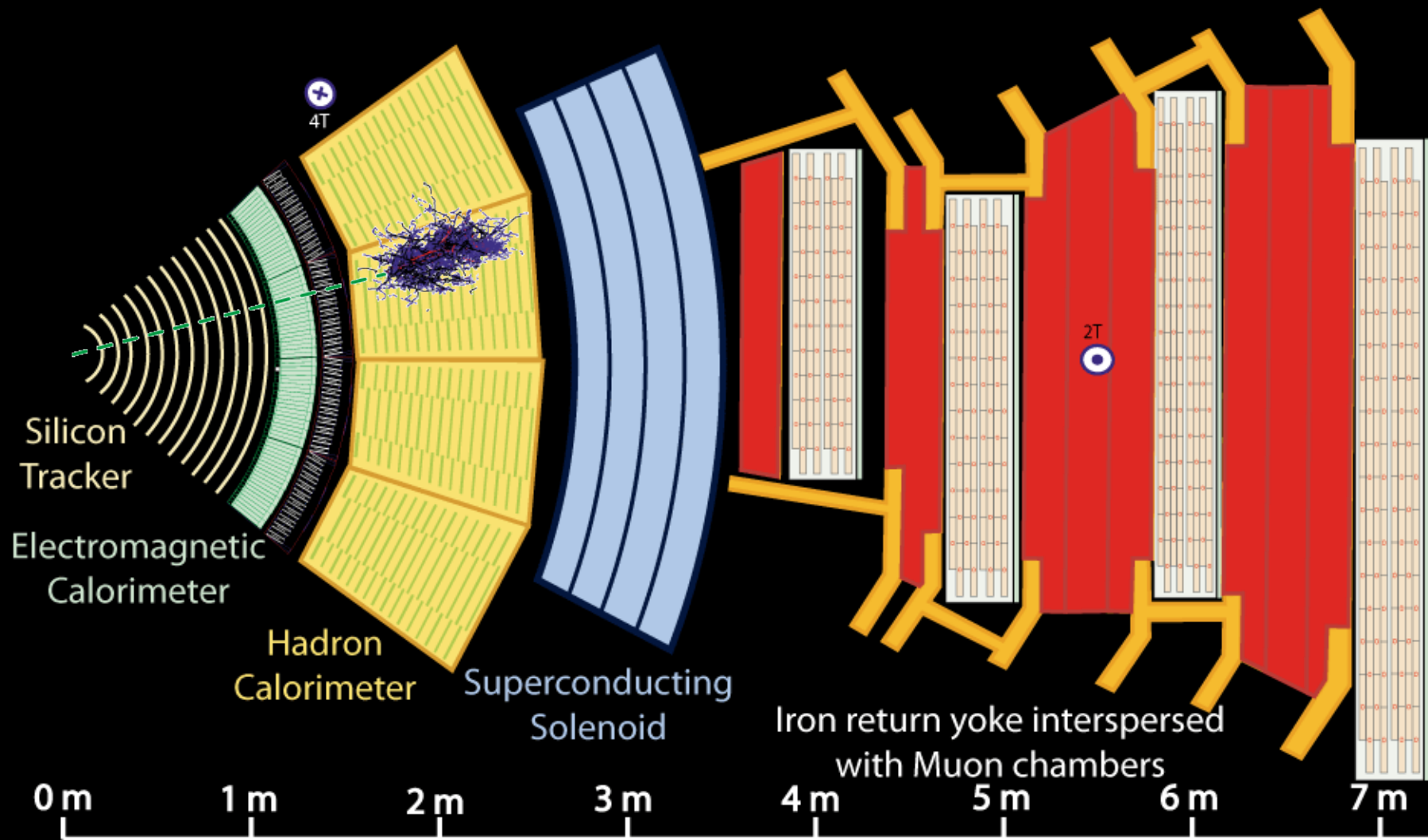
— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon





Key:

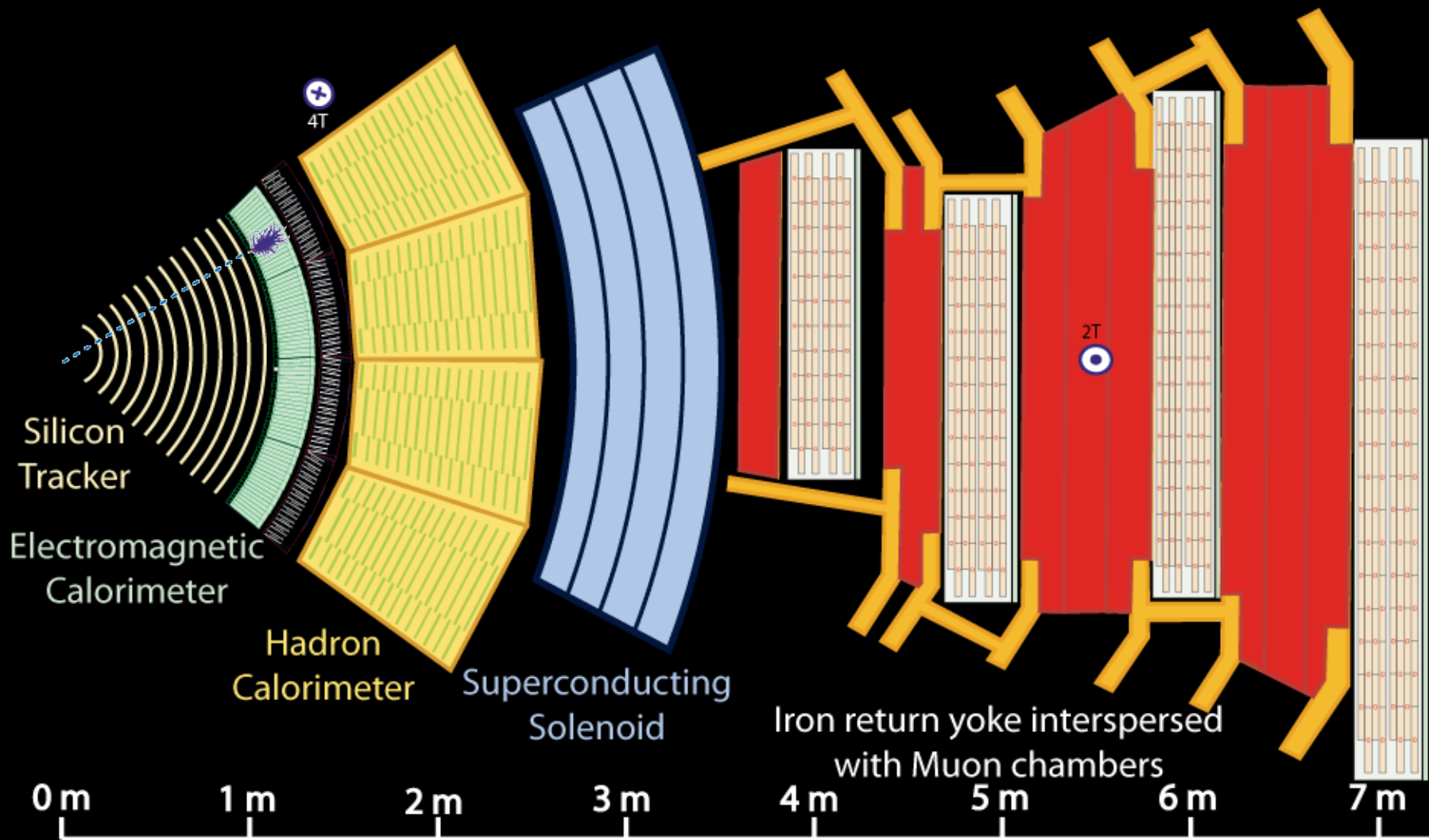
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

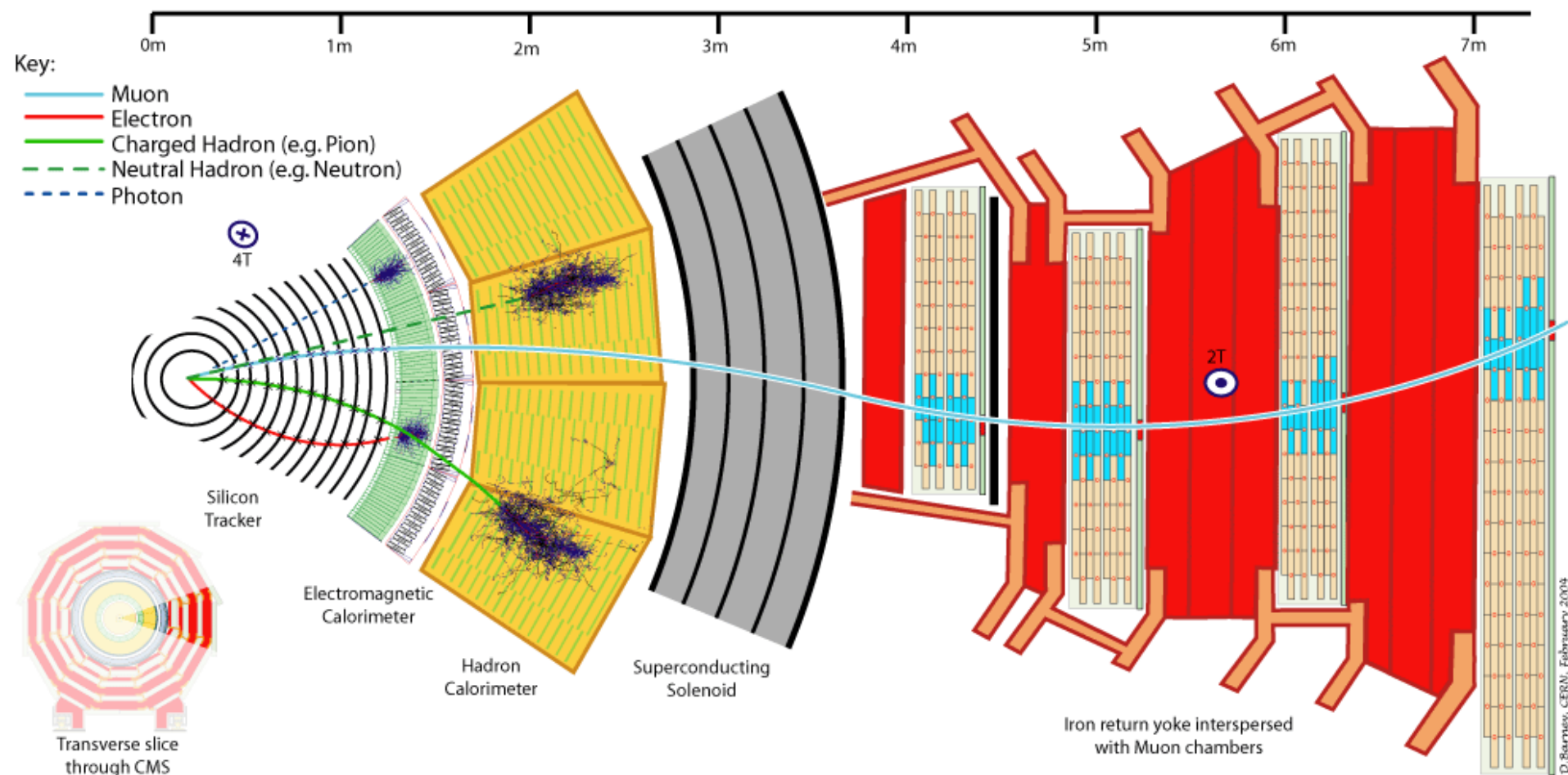
- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon

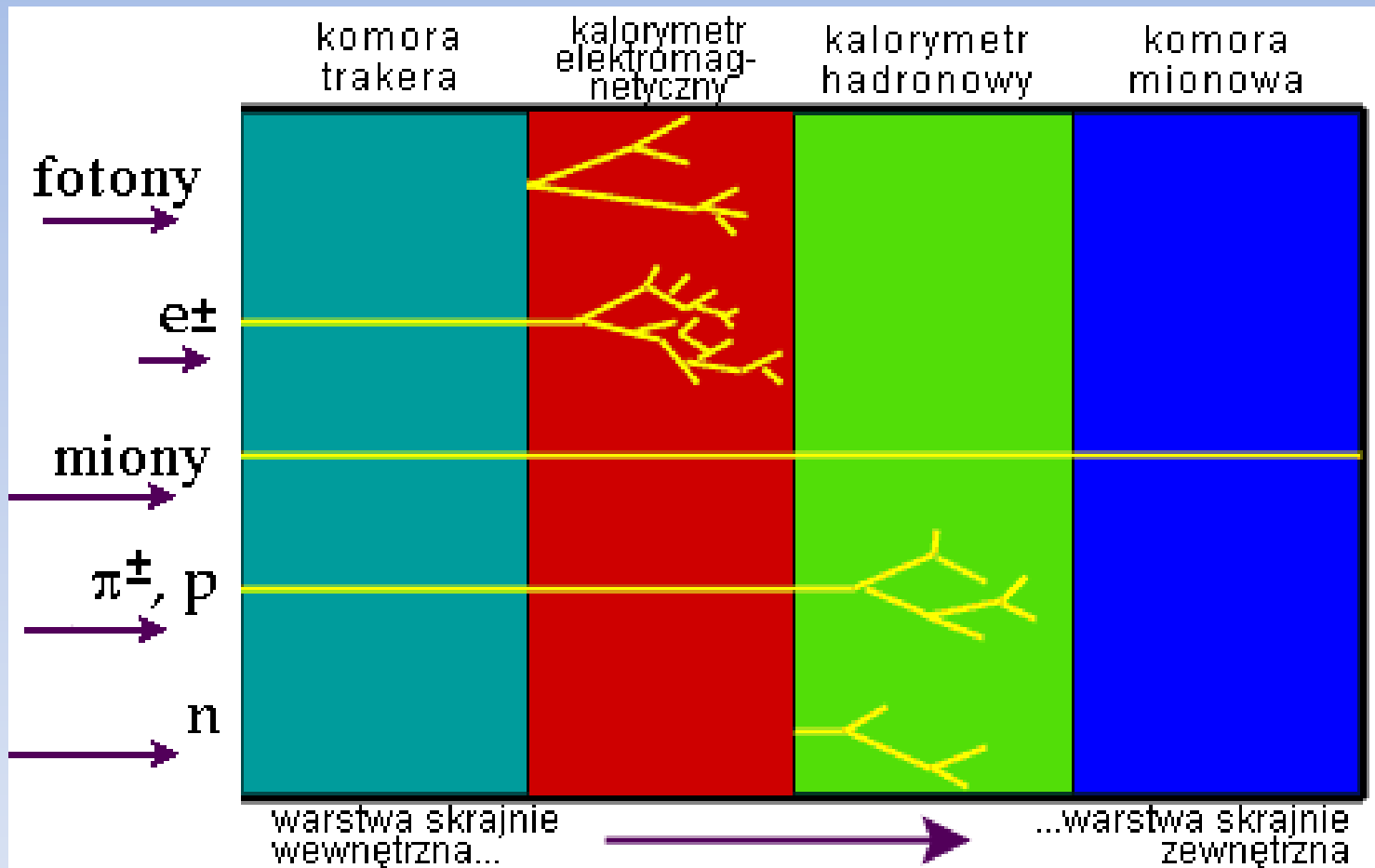


Key:

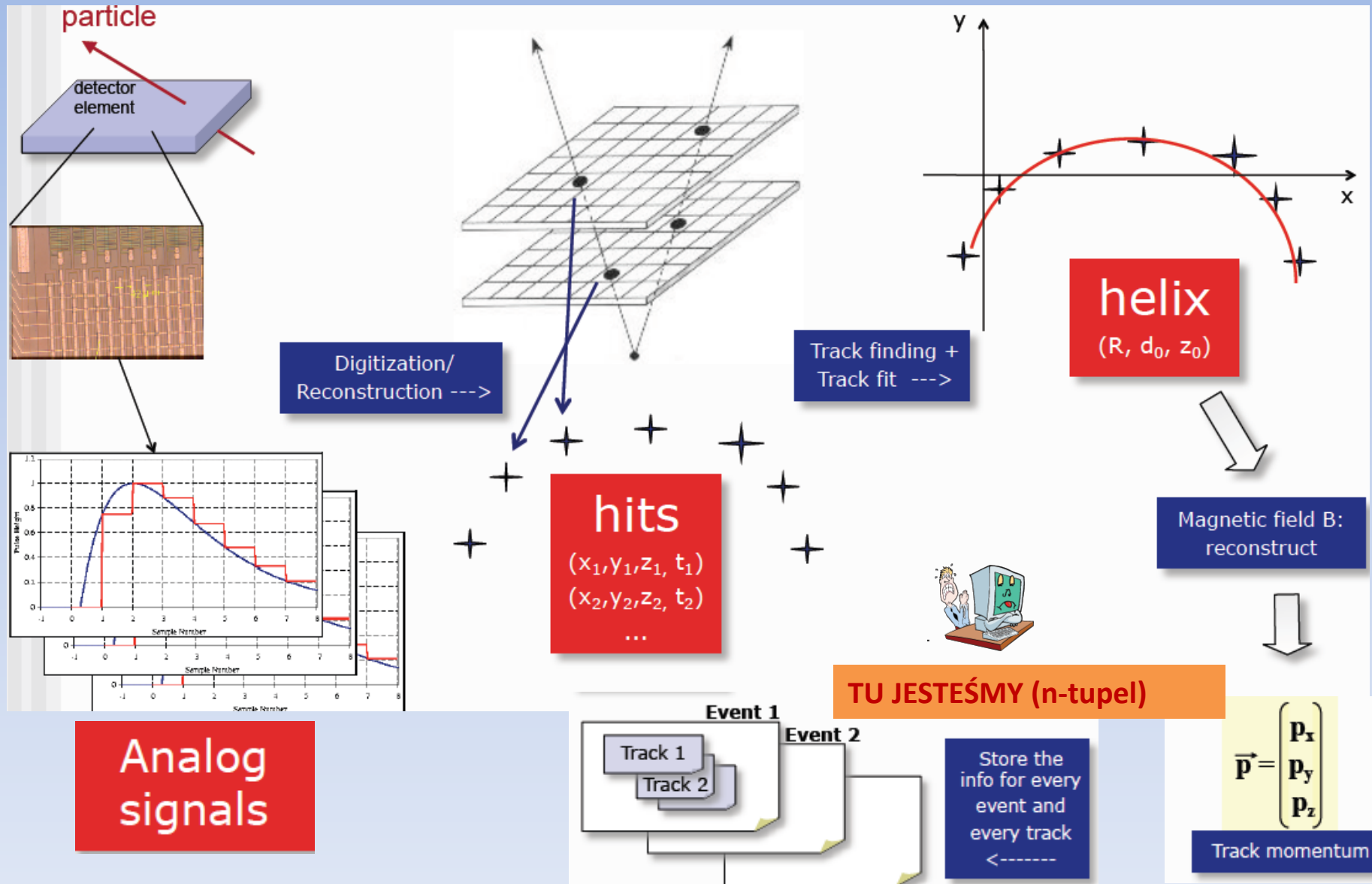
- | | | |
|--|--|---|
| — Muon | — Electron | — Charged Hadron (e.g. Pion) |
| - - - Neutral Hadron (e.g. Neutron) | - - - Photon | |



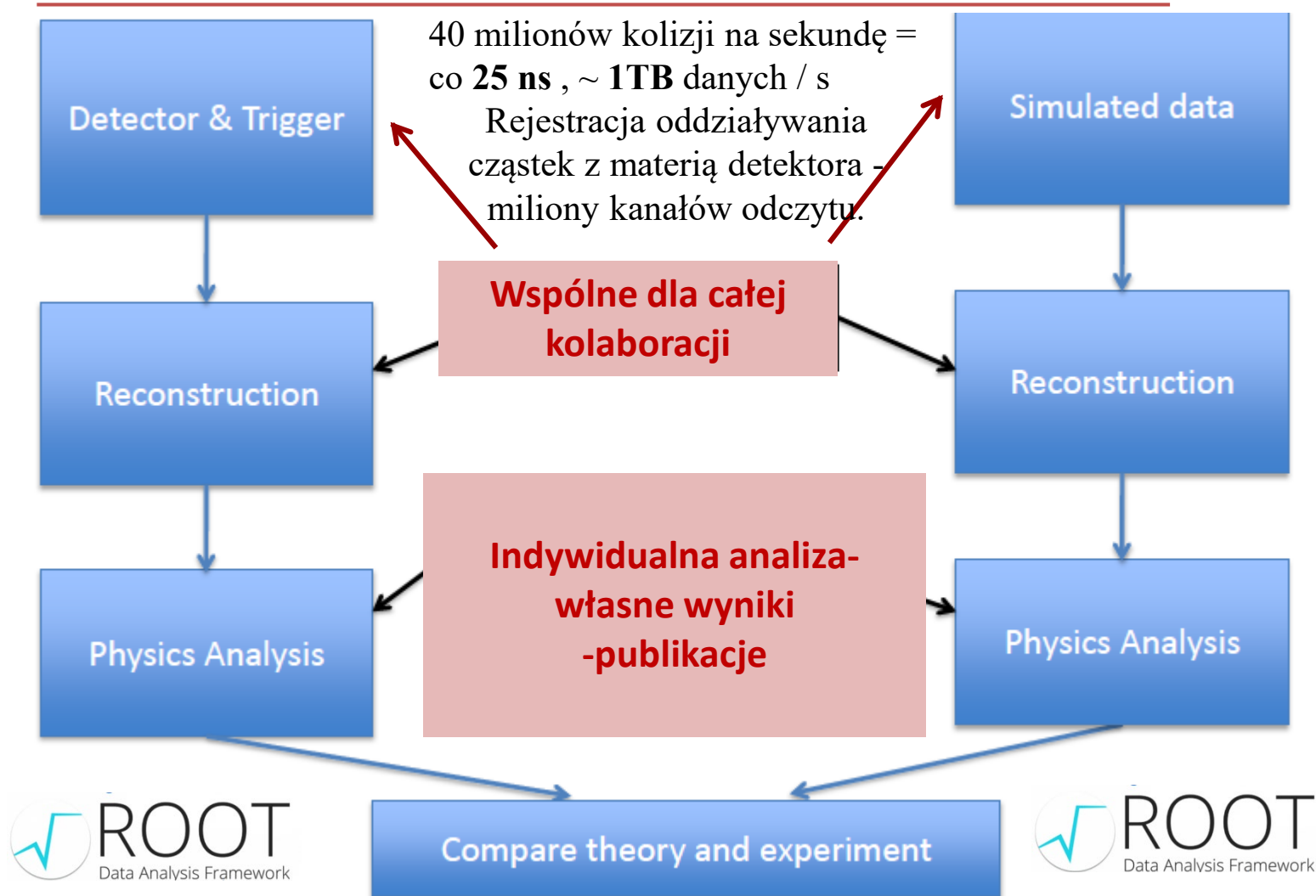
Detekcja



Od hitów do wyników

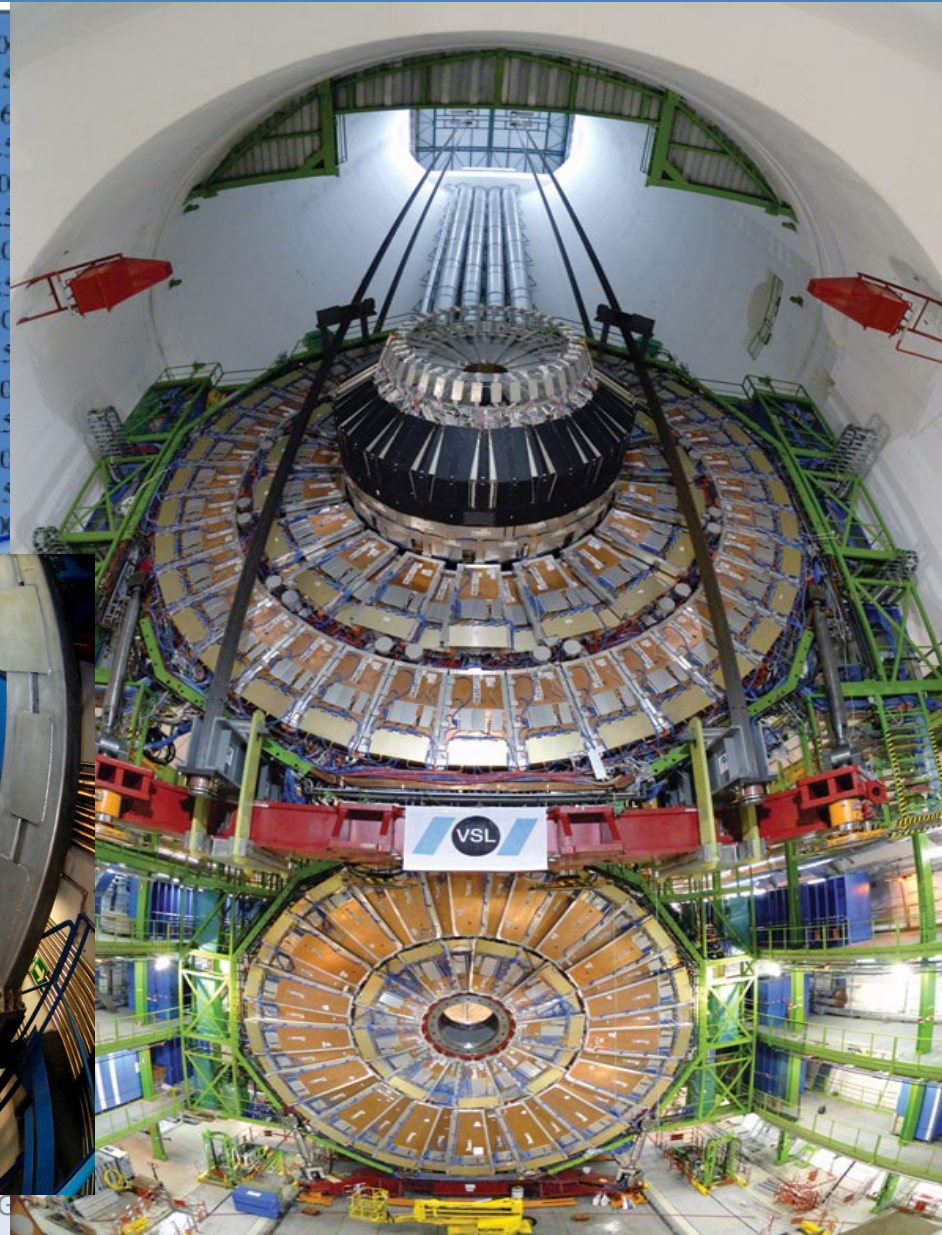
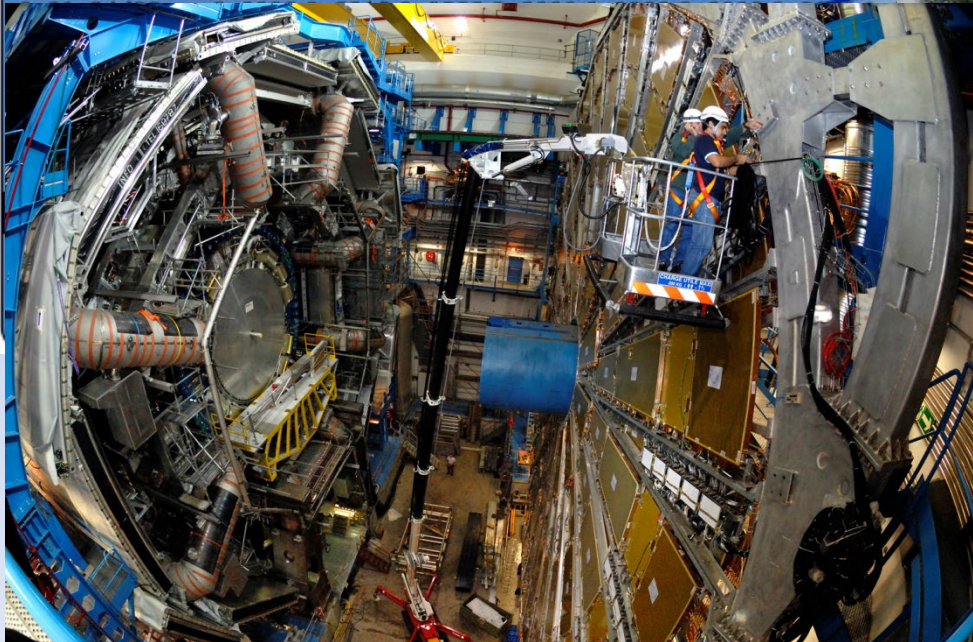


Własna analiza



Detektory HEP

0x01e84c10: 0x01e8 0x8848 0x01e8 0x83d8 0x6c73 0x6f72 0x7400 0x0
0x01e84c20: 0x0000 0x0019 0x0000 0x0000 0x01e8 0x4d08 0x01e8 0x5
0x01e84c30: 0x01e8 0x87e8 0x01e8 0x8458 0x7061 0x636b 0x6167 0x6
0x01e84c40: 0x0000 0x0019 0x0000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5
0x01e84c50: 0x01e8 0x8788 0x01e8 0x8498 0x7072 0x6f63 0x0000 0x0
0x01e84c60: 0x0000 0x0019 0x0000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5
0x01e84c70: 0x01e8 0x8824 0x01e8 0x84d8 0x7265 0x6765 0x7870 0x0
0x01e84c80: 0x0000 0x0019 0x0000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5
0x01e84c90: 0x01e8 0x8838 0x01e8 0x8518 0x7265 0x6773 0x7562 0x0
0x01e84ca0: 0x0000 0x0019 0x0000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5
0x01e84cb0: 0x01e8 0x8818 0x01e8 0x8558 0x7265 0x6e61 0x6d65 0x0
0x01e84cc0: 0x0000 0x0019 0x0000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5
0x01e84cd0: 0x01e8 0x8798 0x01e8 0x8598 0x7265 0x7475 0x726e 0x0
0x01e84ce0: 0x0000 0x0019 0x0000 0x0000 0x0000 0x0000 0x01e8 0x5
0x01e84cf0: 0x01e8 0x87ec 0x01e8 0x85d8 0x7363 0x616e 0x0000 0x0



$K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-, \Lambda \rightarrow p \pi^-$

STRANGE MESONS

($S = \pm 1, C = B = 0$)

$K^+ = u \bar{s}, K^0 = d \bar{s}, \bar{K}^0 = \bar{d} s, K^- = \bar{u} s$, similarly for K^* 's

$K_S^0 \quad I(J^P) = 1/2(0^-)$

K_S^0 Decay Modes

	Mode	Fraction (Γ_i / Γ)
▼ Hadronic modes		
Γ_1	$\pi^0 \pi^0$	$(30.69 \pm 0.05)\%$
Γ_2	$\pi^+ \pi^-$	$(69.20 \pm 0.05)\%$
Γ_3	$\pi^+ \pi^- \pi^0$	$(3.5_{-0.9}^{+1.1}) \times 10^{-7}$

Λ BARYONS

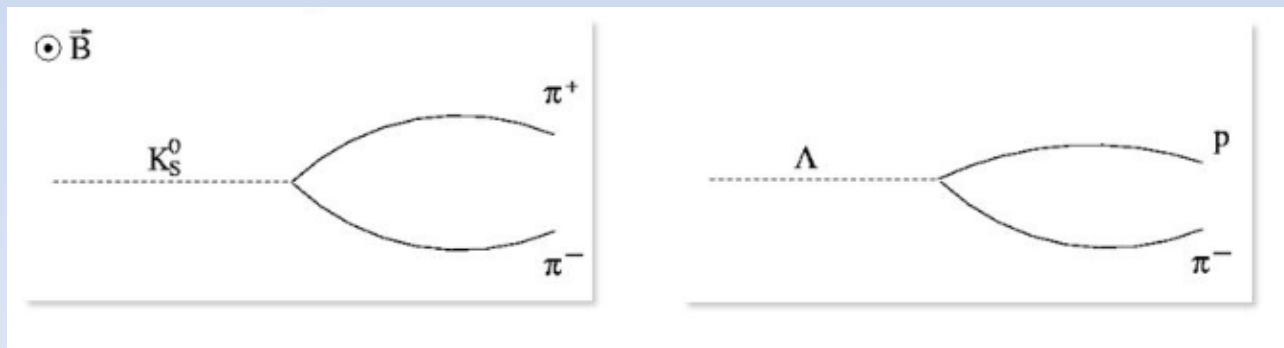
($S = -1, I = 0$)

$\Lambda^0 = u d s$

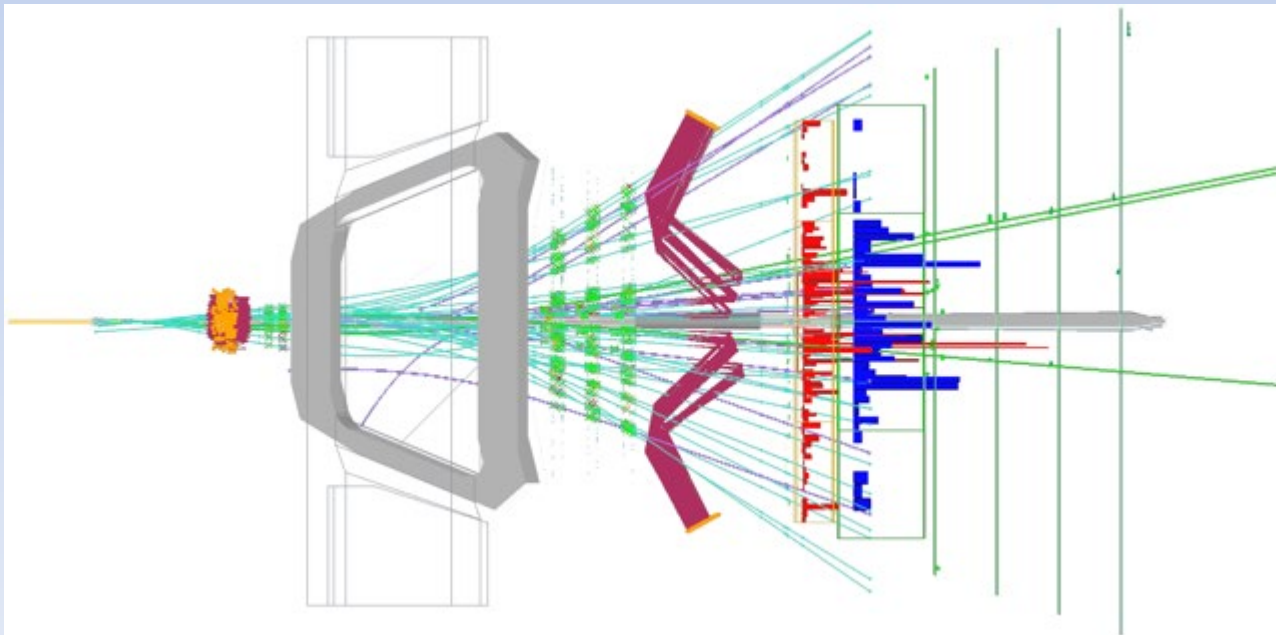
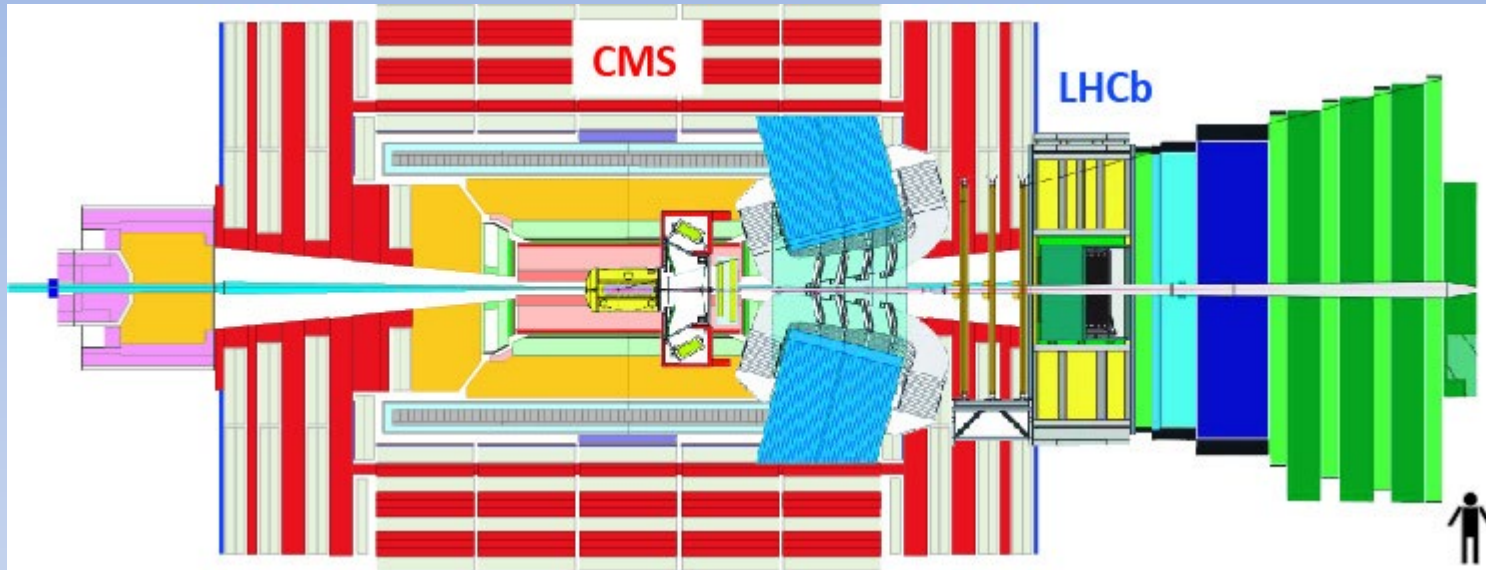
$\Lambda \quad I(J^P) = 0(1/2^+)$

Λ Decay Modes

	Mode	Fraction (Γ_i / Γ)
Γ_1	$p \pi^-$	$(63.9 \pm 0.5)\%$
Γ_2	$n \pi^0$	$(35.8 \pm 0.5)\%$



$J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ (LHCb)

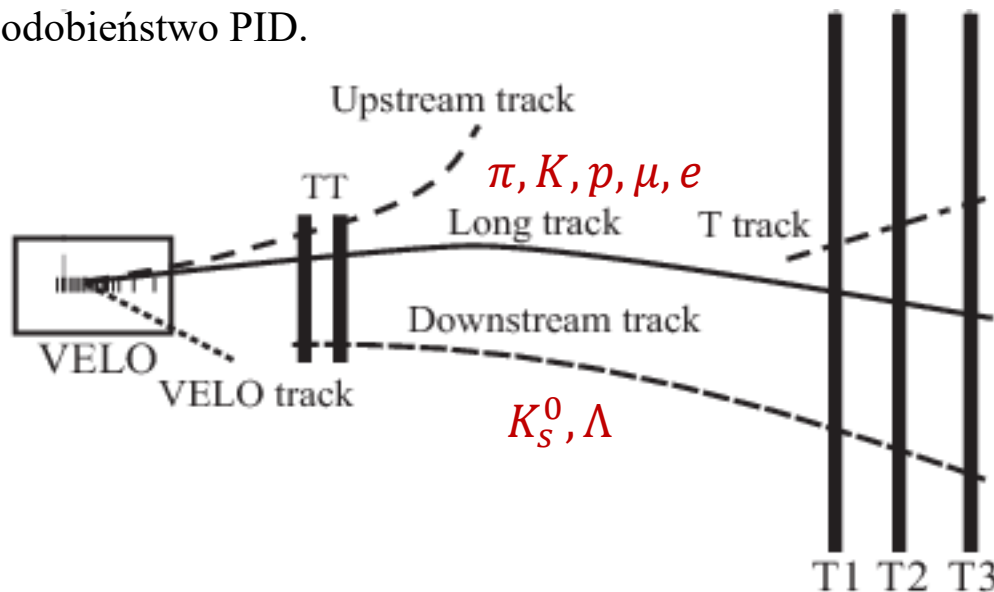


Parametry śladów

- Metodą **filtrów Kalmana** uzyskujemy parametry śladu. Dla konkretnego miejsca o współrzędnej „z”, wyznaczane są:
 - współrzędne x i y
 - nachylenia dx/dz , dy/dz
 - stosunek q/p (ładunku do pędu), czyli długość pędu i znak ładunku.
 - χ^2 dopasowania śladu
- Rekonstruowany jest punkt (wierzchołek) oddziaływania protonów (może ich być wiele) i punkty rozpadu cząstek wtórnych.
- Dla każdego śladu obliczane prawdopodobieństwo PID.

PROBLEMY:

- Niektóre ślady zaczynają się poza VELO (K_S^0 , Λ).
- Do jednej cząstki przypisane jest kilka zrekonstruowanych śladów (duchy).
- Jedna cząstka rekonstruowana jest jako kilka śladów (klony).

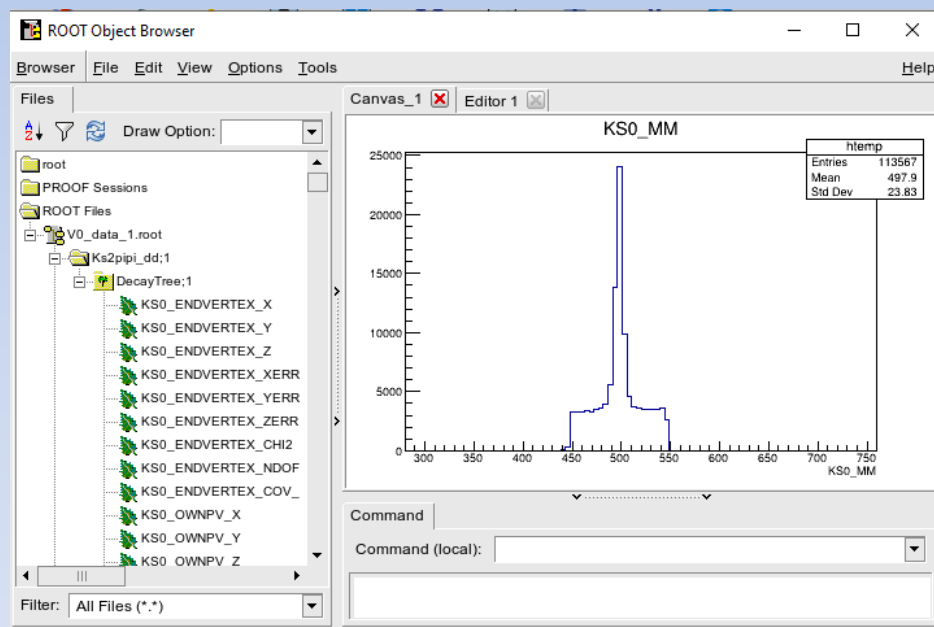
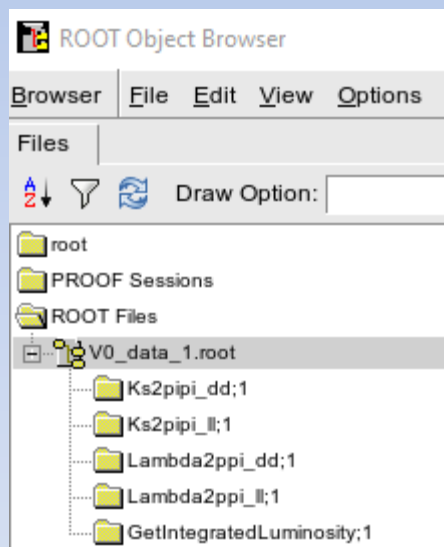


ROOT Browser

```
(py-root-6.28.0) stud@DESKTOP-QM71HKG:/mnt/f/Users/amucha/HEP/CEO_V0/NTUPLE_DD_LL$ root --web=off V0_data_1.root
```

```
Welcome to ROOT 6.28/00 https://root.cern
(c) 1995-2022, The ROOT Team; conception: R. Brun, F. Rademakers
Built for linuxx86_64gcc on Mar 21 2023, 07:29:00
From tag , 3 February 2023
With
Try '.help'/.? , '.demo', '.license', '.credits', '.quit'/.q'
```

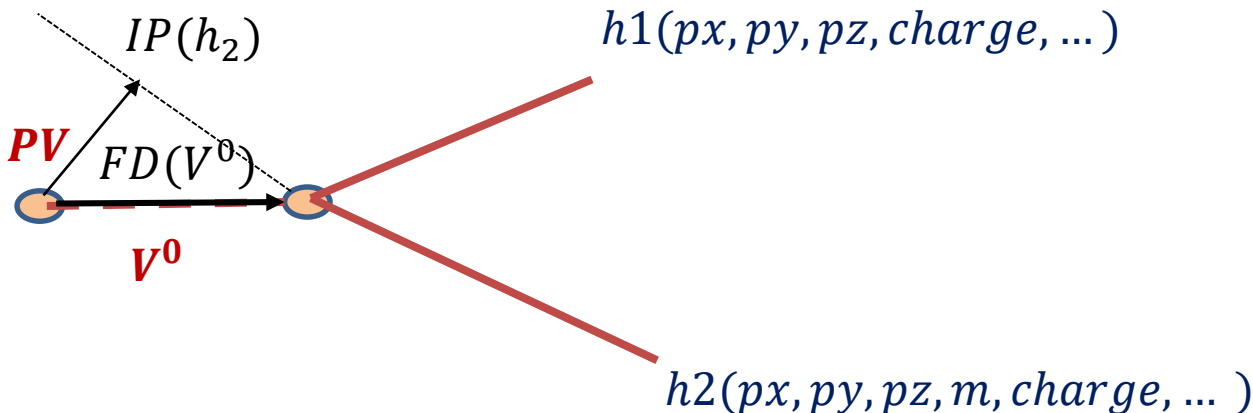
```
root [0]
Attaching file V0_data_1.root as _file0...
(TFile *) 0x555a81714c20
root [1] TBrowser t
(TBrowser &) Name: Browser Title: ROOT Object Browser
root [2] █
```



Hmm, to już było, może inne narzędzia?

Struktura ntupla

- PX , PY , PZ – odpowiednio współrzędne pędu i masa, w jednostkach naturalnych.
- $PIDK$, $PIDp$ – prawdopodobieństwo identyfikacji cząstki jako K , p (metoda ΔL)
- $ProbNNk$, $ProbNNpi$ - prawdopodobieństwo identyfikacji cząstki jako K , Pi (metoda z NN)
- $IPChi2$ – różnica χ^2 dopasowania wierzchołka ze śladem h_3 i bez niego; dla śladów pochodzących z PV powinna być niewielka
- Flight Distance (FD) – droga przebyta w detektorze (mm)



KS0_PT
KS0_PE
KS0_PX
KS0_PY
KS0_PZ
KS0_MM
KS0_MMERR
KS0_M
KS0_ID
h1_CosTheta
h1_OWNPV_X
h1_OWNPV_Y
h1_OWNPV_Z
h1_OWNPV_XERR
h1_OWNPV_YERR
h1_OWNPV_ZERR
h1_OWNPV_CHI2
h1_OWNPV_NDOF
h1_OWNPV_COV_
h1_IP_OWNPV
h1_IPCHI2_OWNPV
h1_ORIVX_X
h1_ORIVX_Y
h1_ORIVX_Z
h1_ORIVX_XERR
h1_ORIVX_YERR
h1_ORIVX_ZERR
h1_ORIVX_CHI2
h1_ORIVX_NDOF
h1_ORIVX_COV_
h1_P
h1_PT
h1_PE
h1_PX
h1_PY
h1_PZ
h1_M
h1_ID
h1_PIDe
h1_PIDmu
h1_PIDK
h1_PIDp
h1_PIDd
h1_ProbNNe
h1_ProbNNk
h1_ProbNNp
h1_ProbNNpi
h1_ProbNNmu
h1_ProbNNd
h1_ProbNNghost