

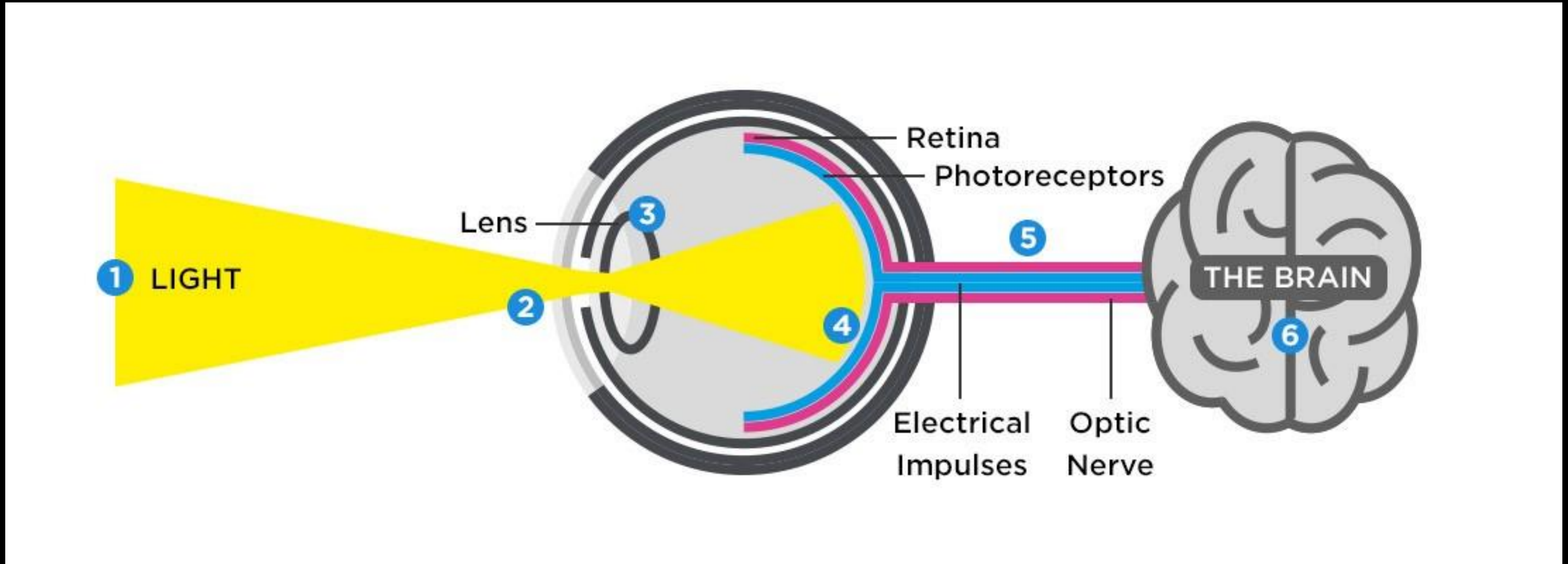
Dalelių detektoriai

Kaip mes galime matyti tai kas nematoma?

Skaidres pamokai parengė vyresnioji fizikos mokytoja Jolanta Kiūdienė

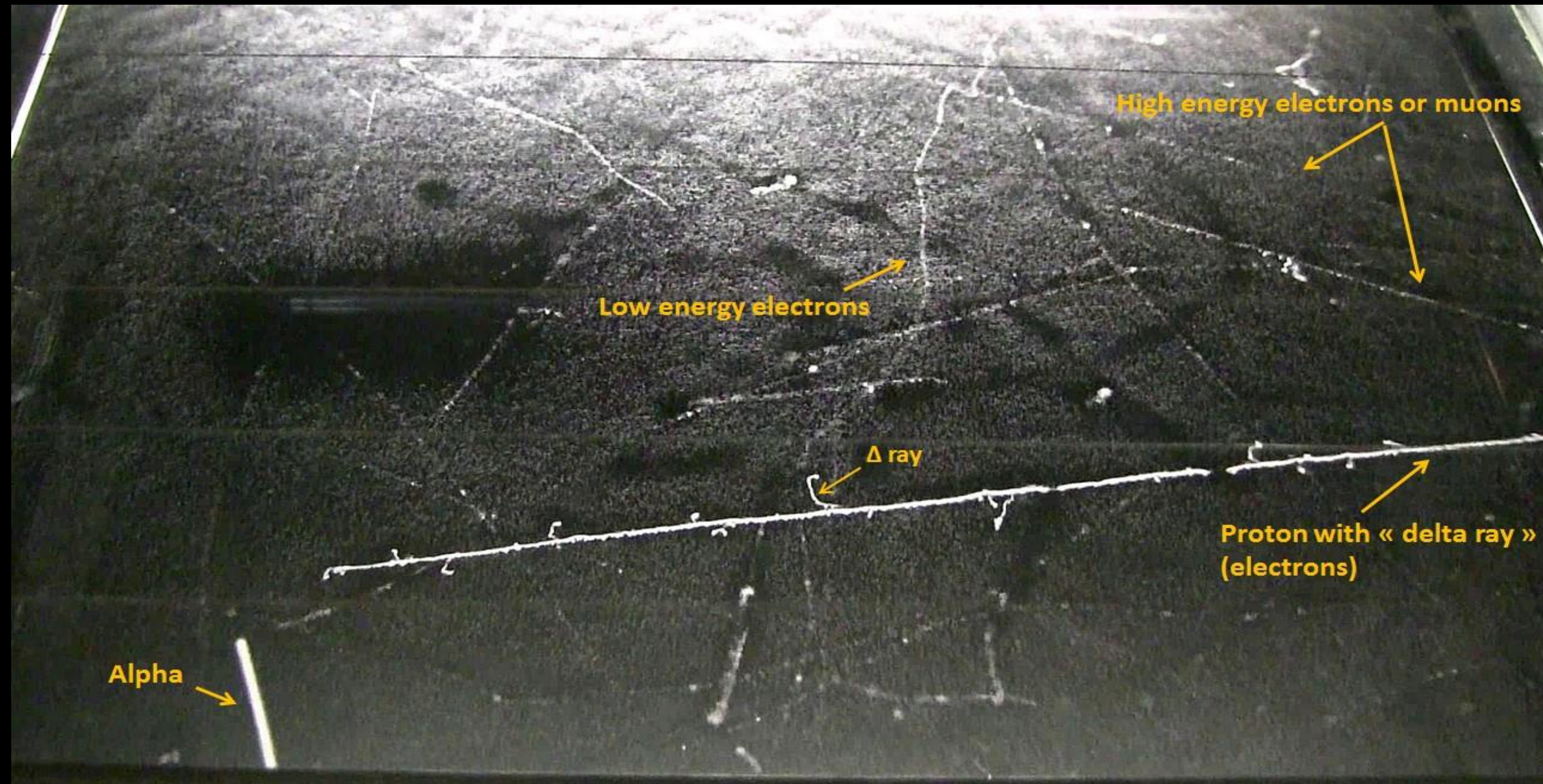


Labai gerai žinomas detektorius:



Akys yra dalelių detektorius, kuris fiksuoja fotonus. Kai fotonai sąveikauja su tinklaine yra siunčiamas elektrinis signalas į smegenis, kuriose jis užregistruojamas. Mes matome tik todėl, kad šviesa sąveikauja su mūsų akimis.

Dalelių detektoriai:



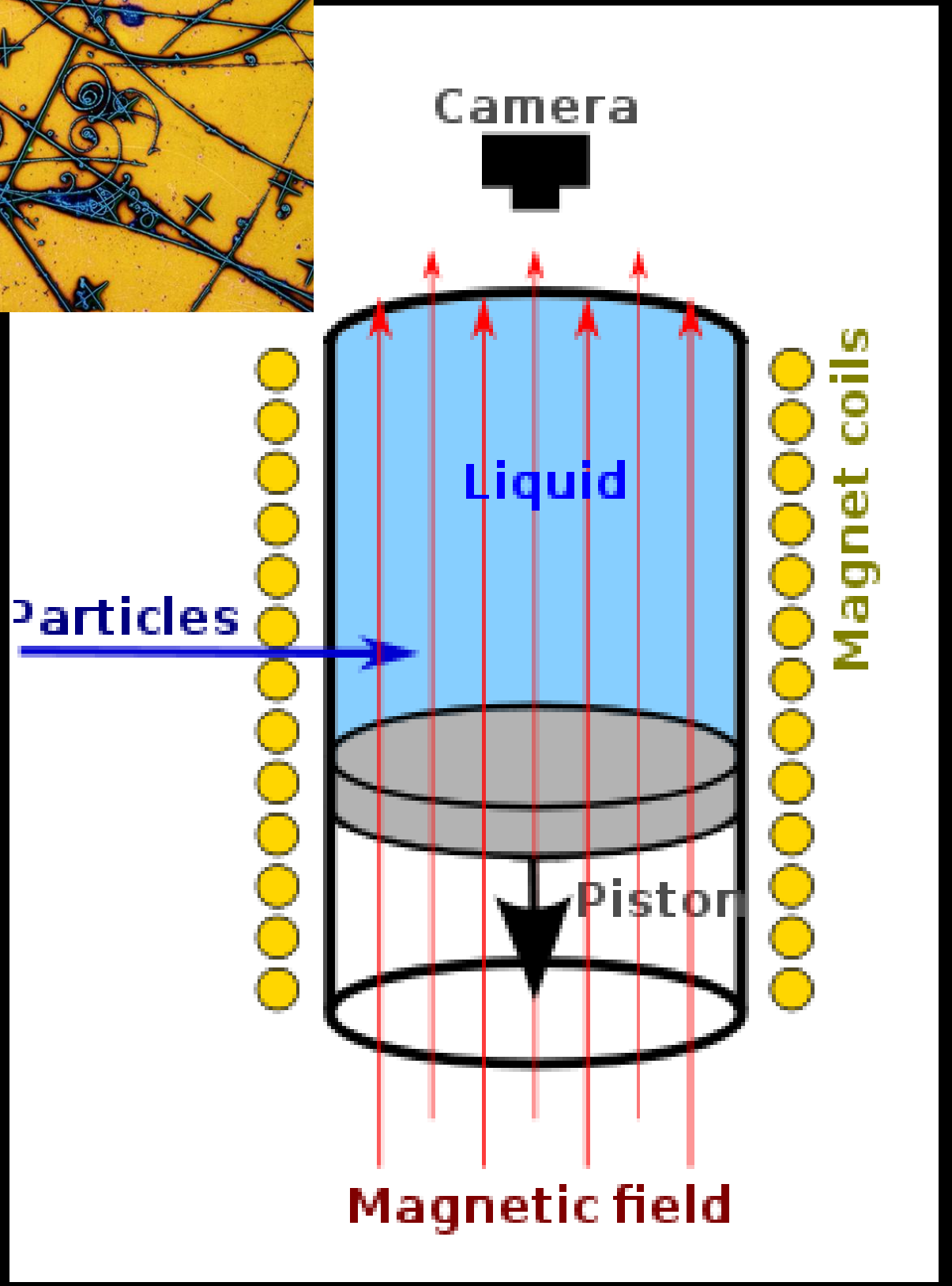
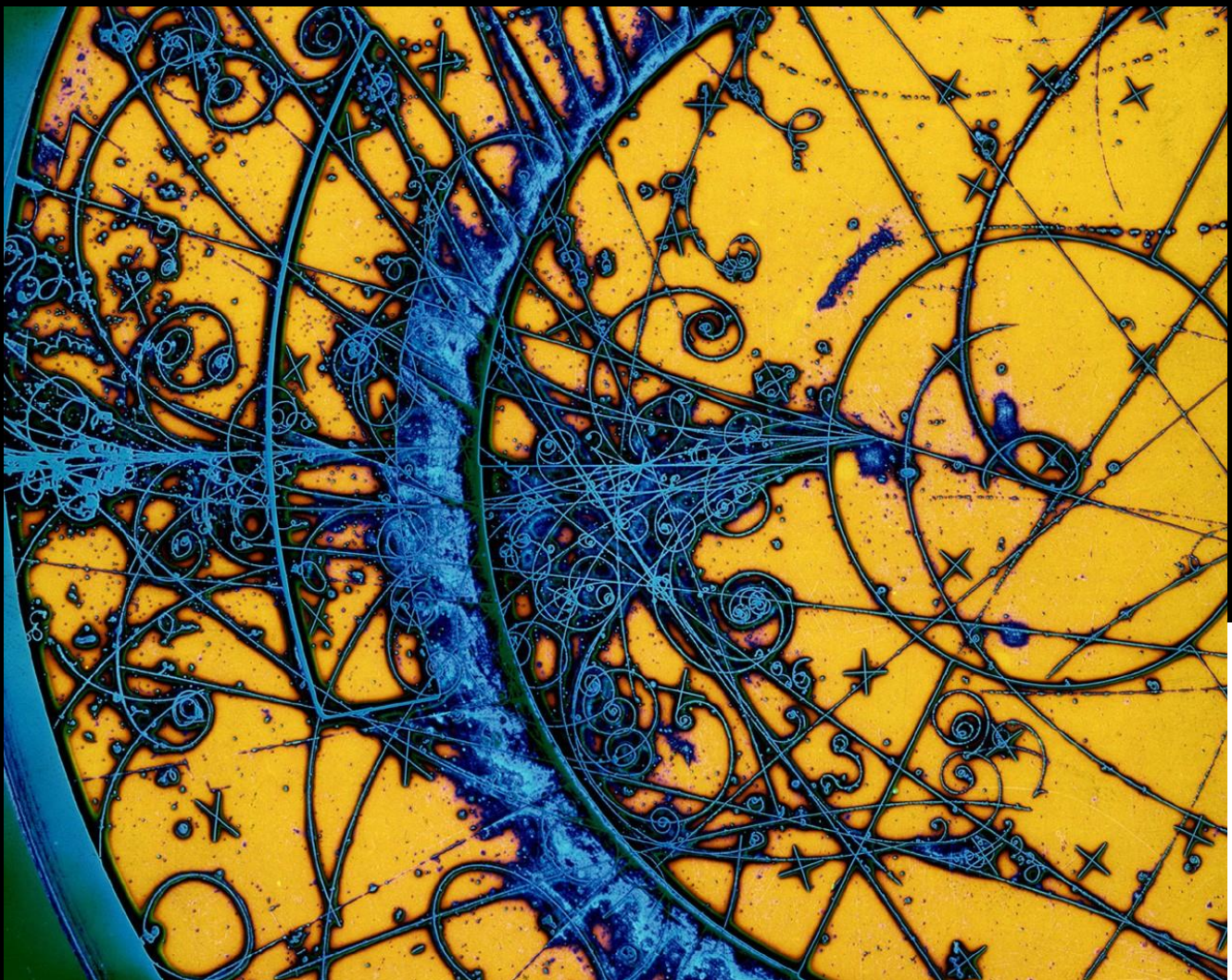
Dalelės užfiksuojamos, nes vyksta sąveika tarp dalelių ir detektoriuose esančios medžiagos. Tokiu principu veikia visi dalelių detektoriai.

Debesų kamera:

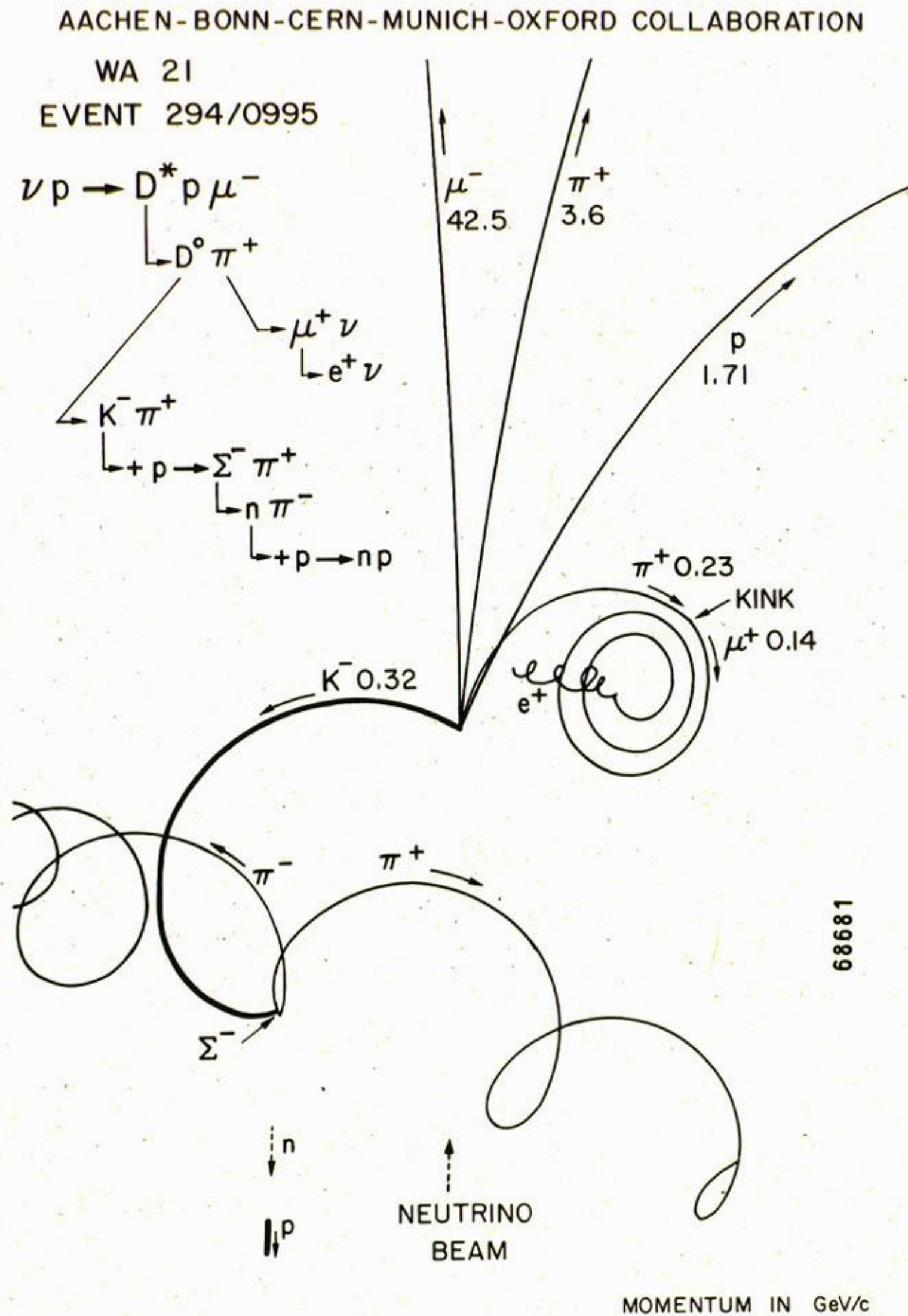
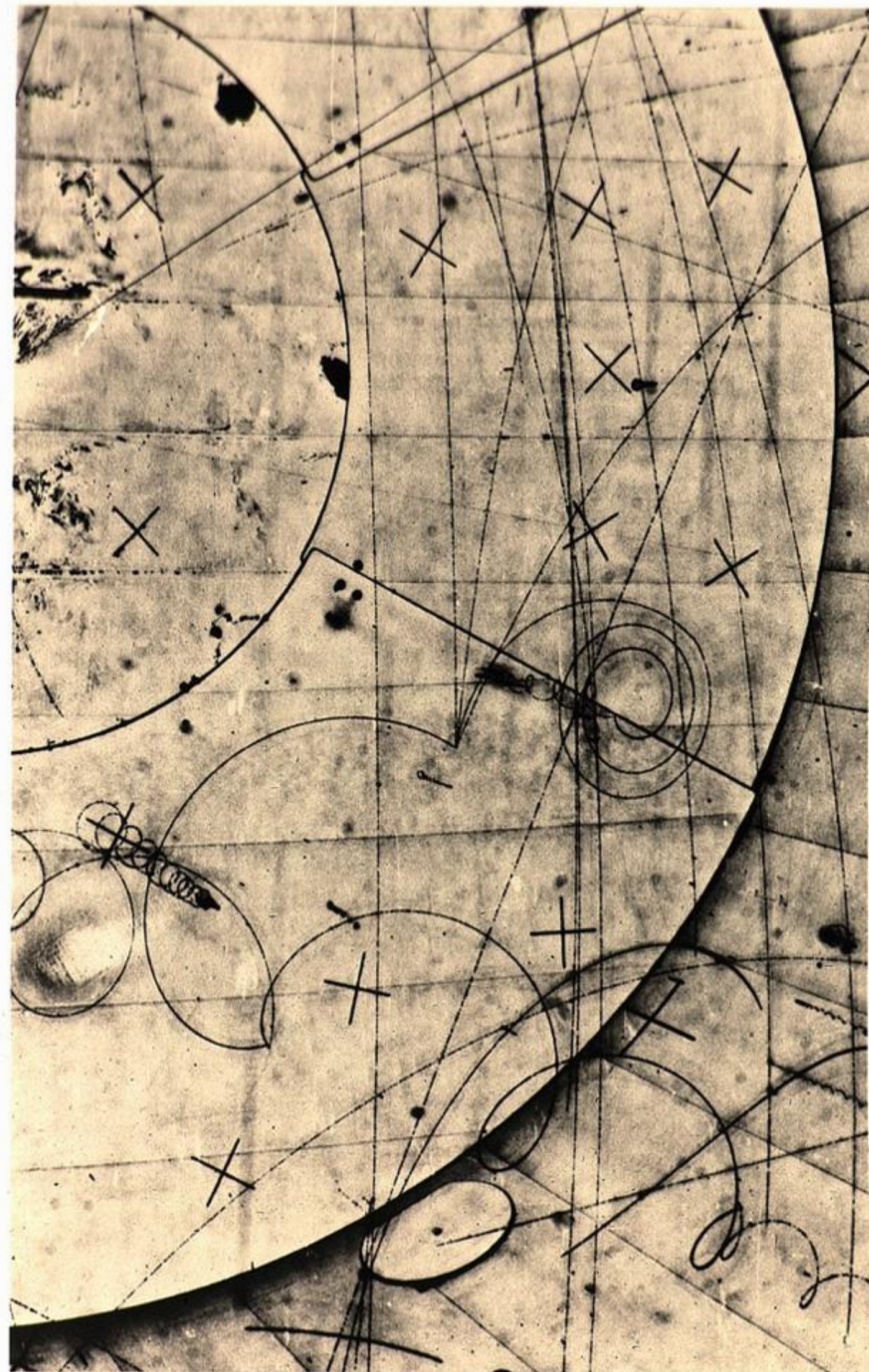


<https://www.youtube.com/clip/Ugkx4NbISj7AV7qKdYjYzD7zGLBDqE113Qu8>

Burbulinė kamera:



- Nuotraukoje pateikti neutrino ir hadronų pėdsakai, kurie buvo užfiksuoti Didžiojoje Europos burbulinėje kameroje (BEBC), 1973–1984 m.
- Neutriniui sąveikaujant su protonu susidarė D mezonas.



SUBATOMIC PARTICLES

.....
BOSON | FERMION | HADRON | LEPTON | MESON | BARYON

ATOM

Didelę dalį
atomo sudaro
tuščia erdvė



NUCLEUS



PROTON



Quark

Proton

Neutron

Electron
(Lepton)

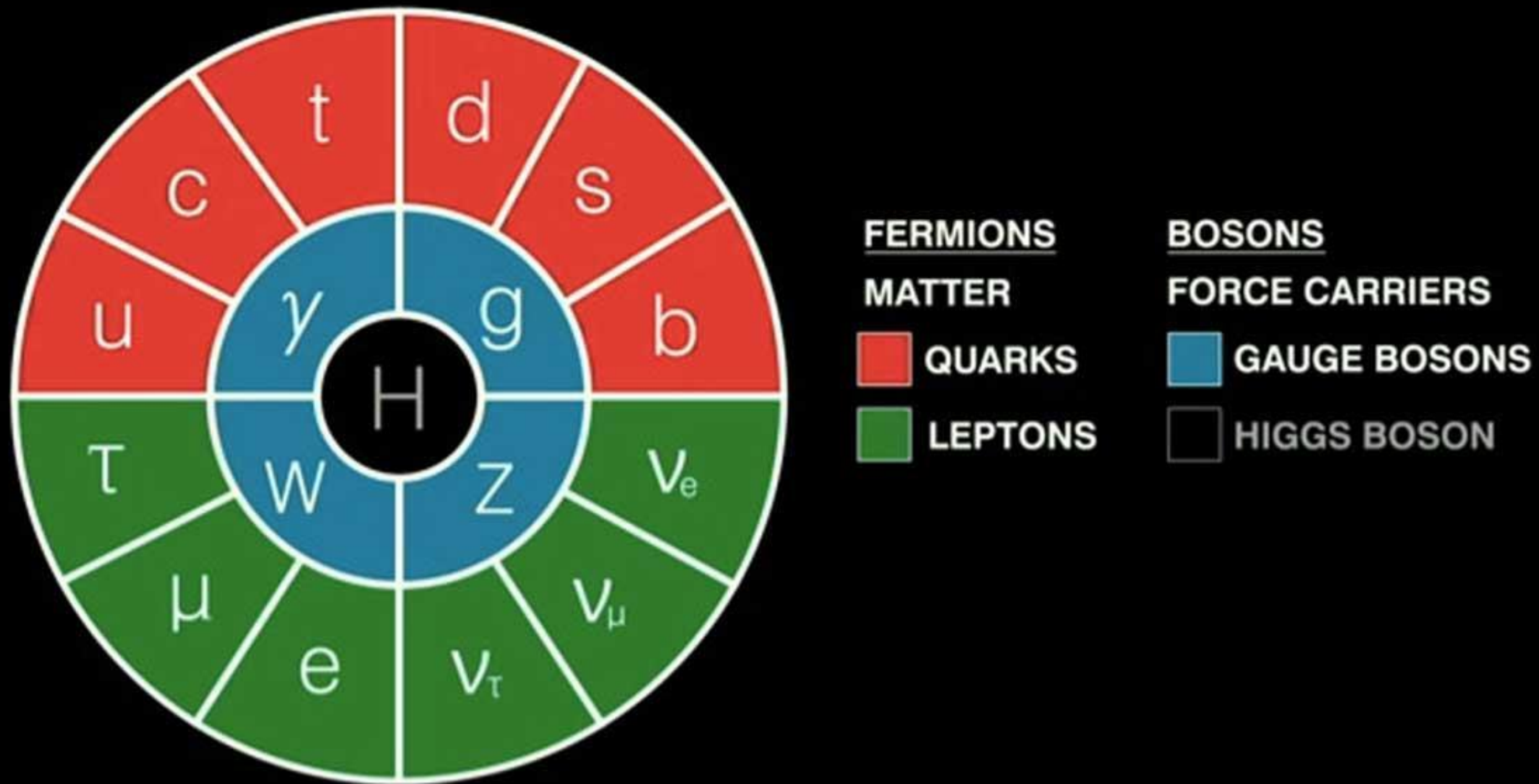
d

u

s

Quarks

Tai tarsi fizikos „Periodinė lentelė“:

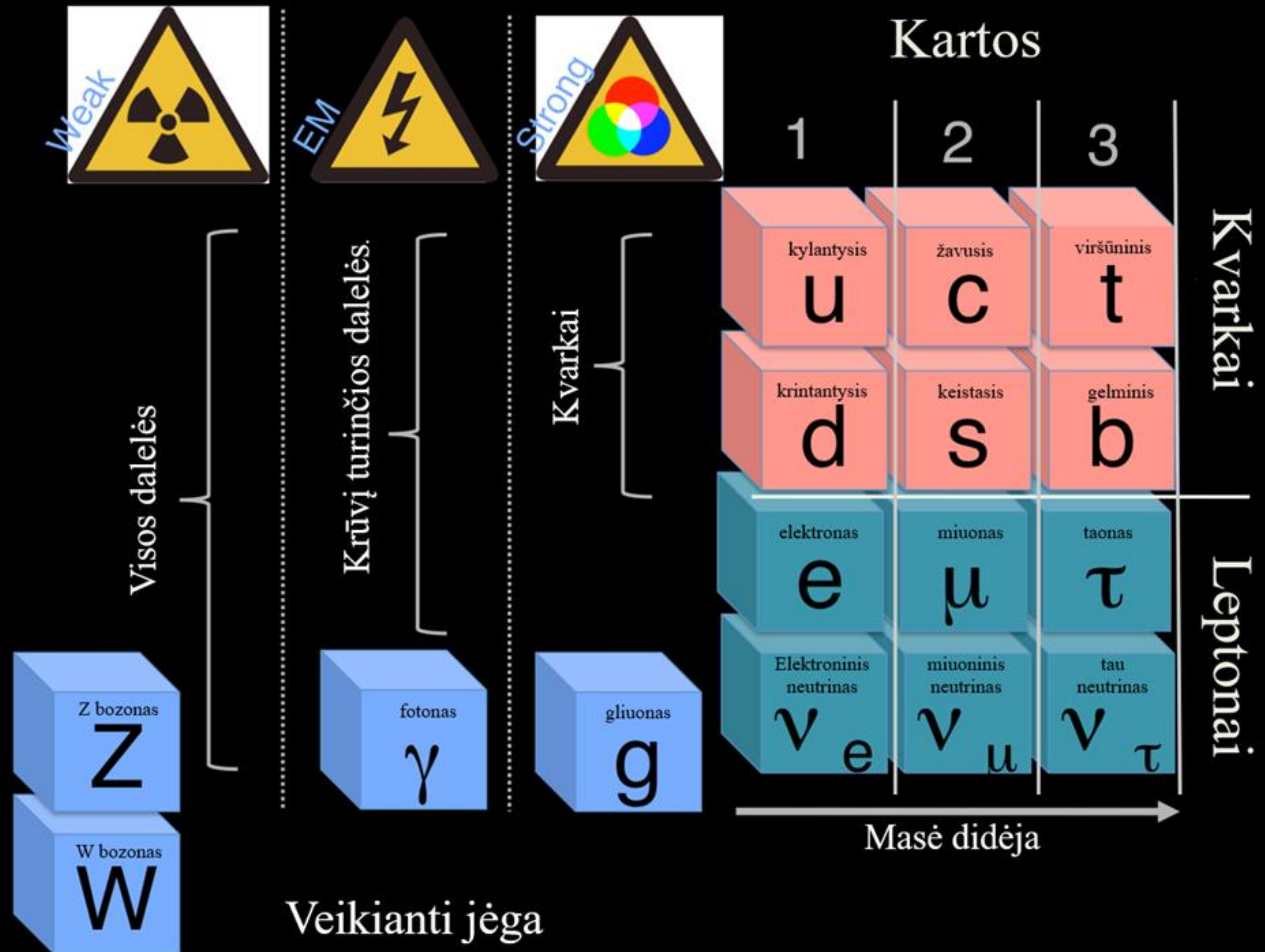


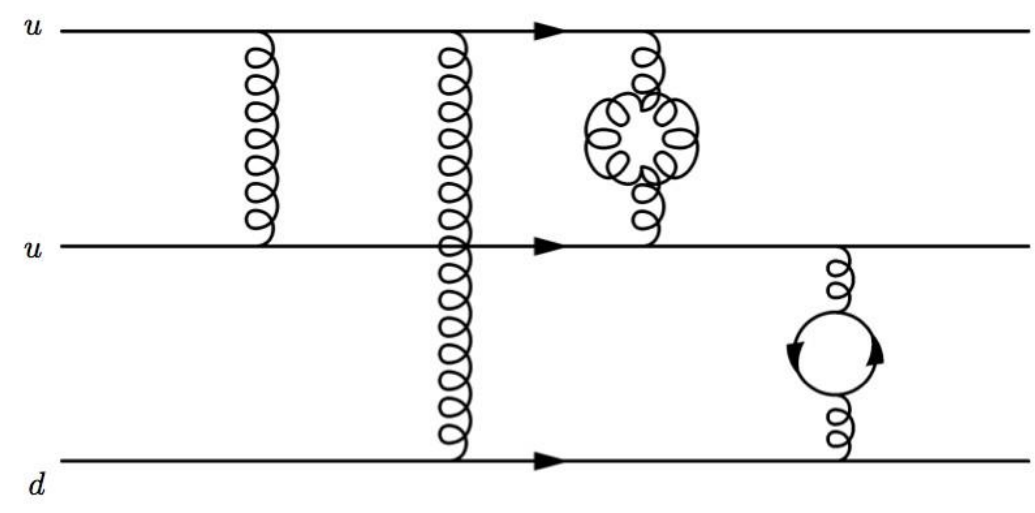
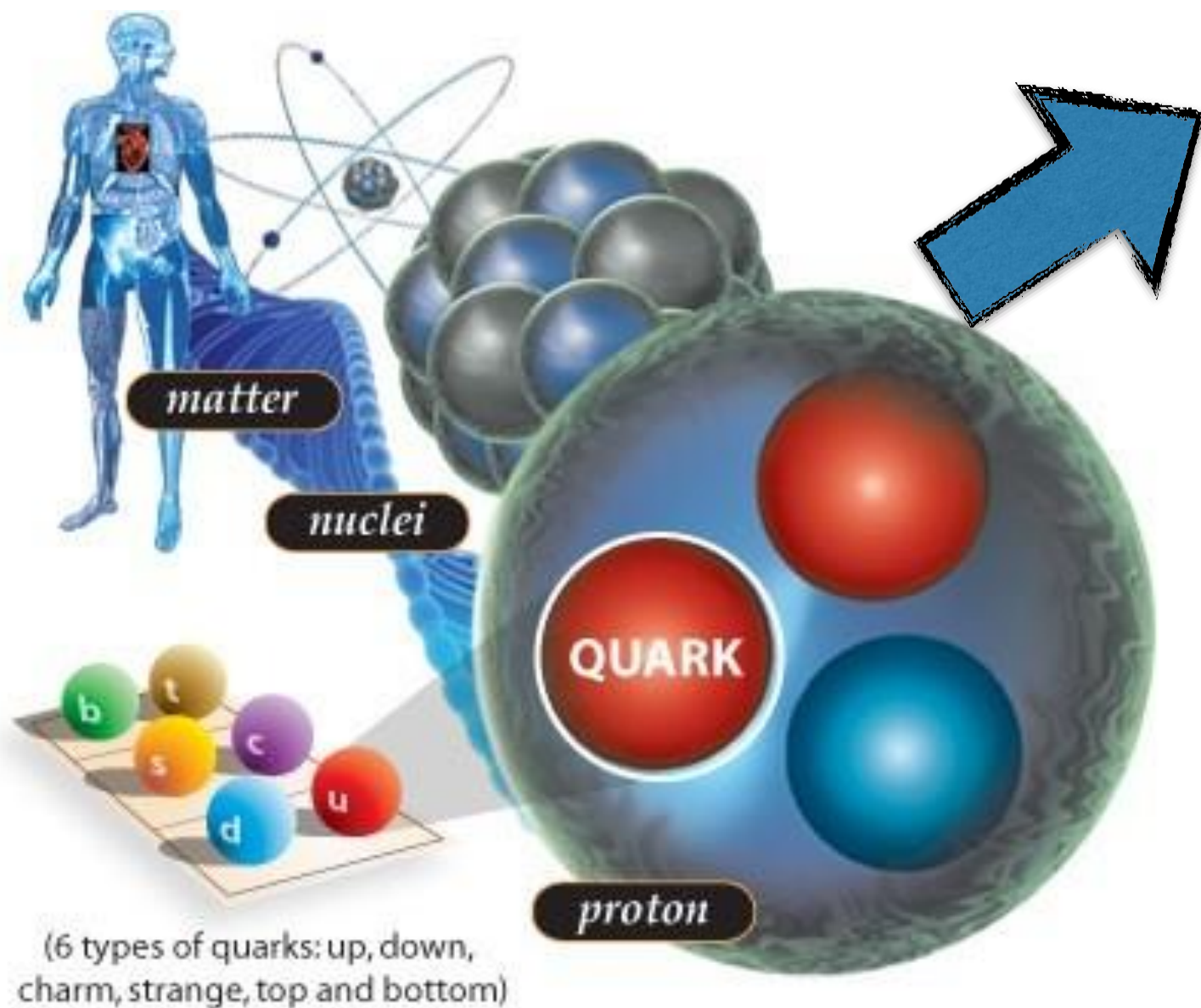
Daleles veikiančios jėgos:

Jėgą galima apibūdinti ir kaip sąveiką, kuri gali būti:

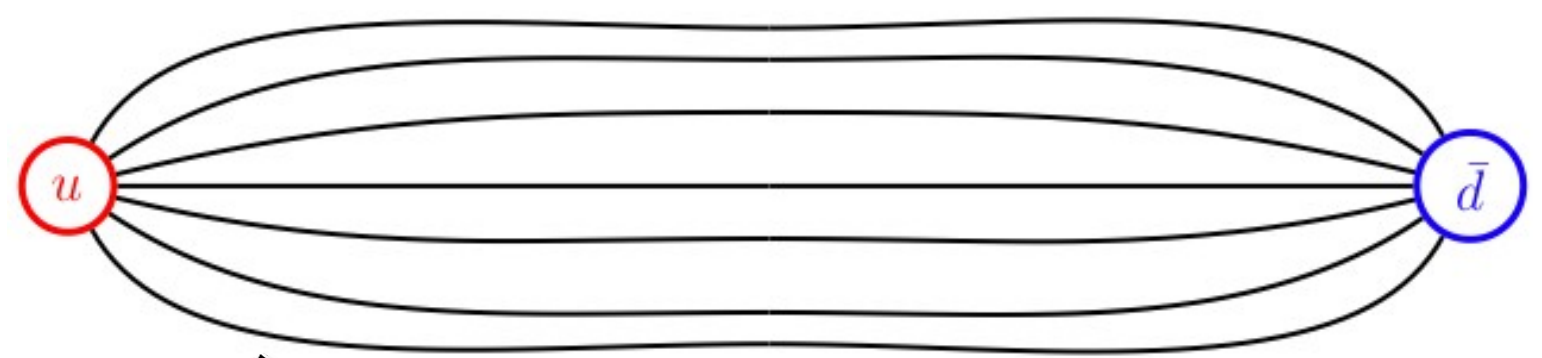
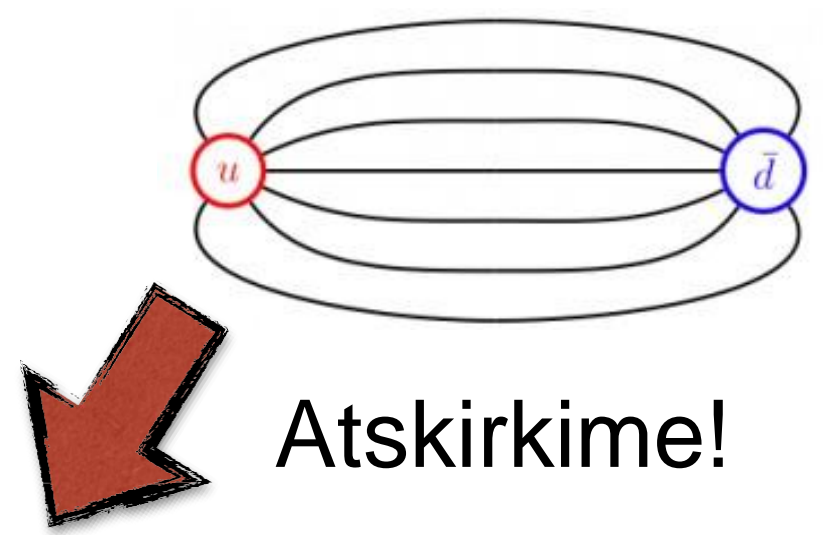
- Silpnoji;
- Stiprioji;
- Elektromagnetinė;
- Gravitacinė.

Kasdieniniame gyvenime dažniausiai pastebima sąveika yra elektromagnetinės prigimties.

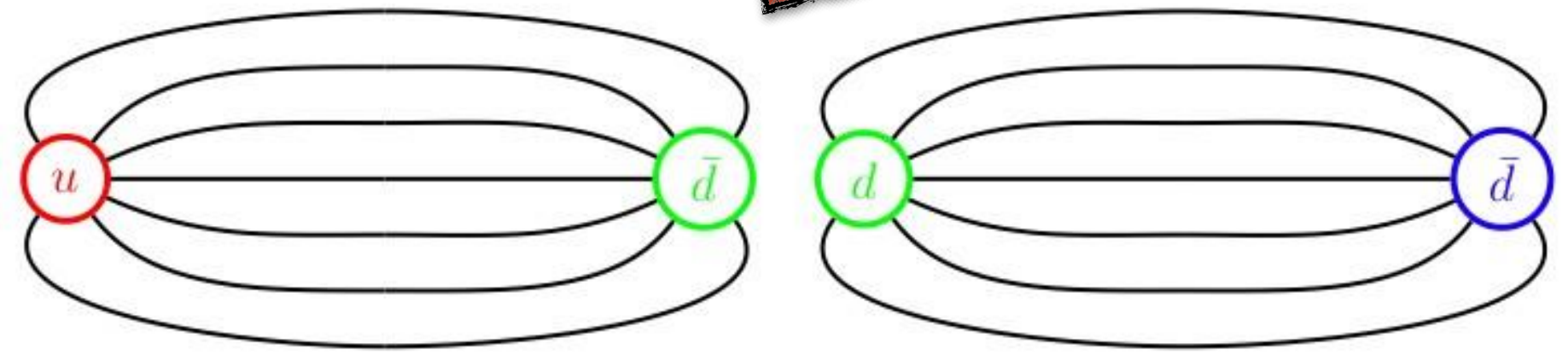




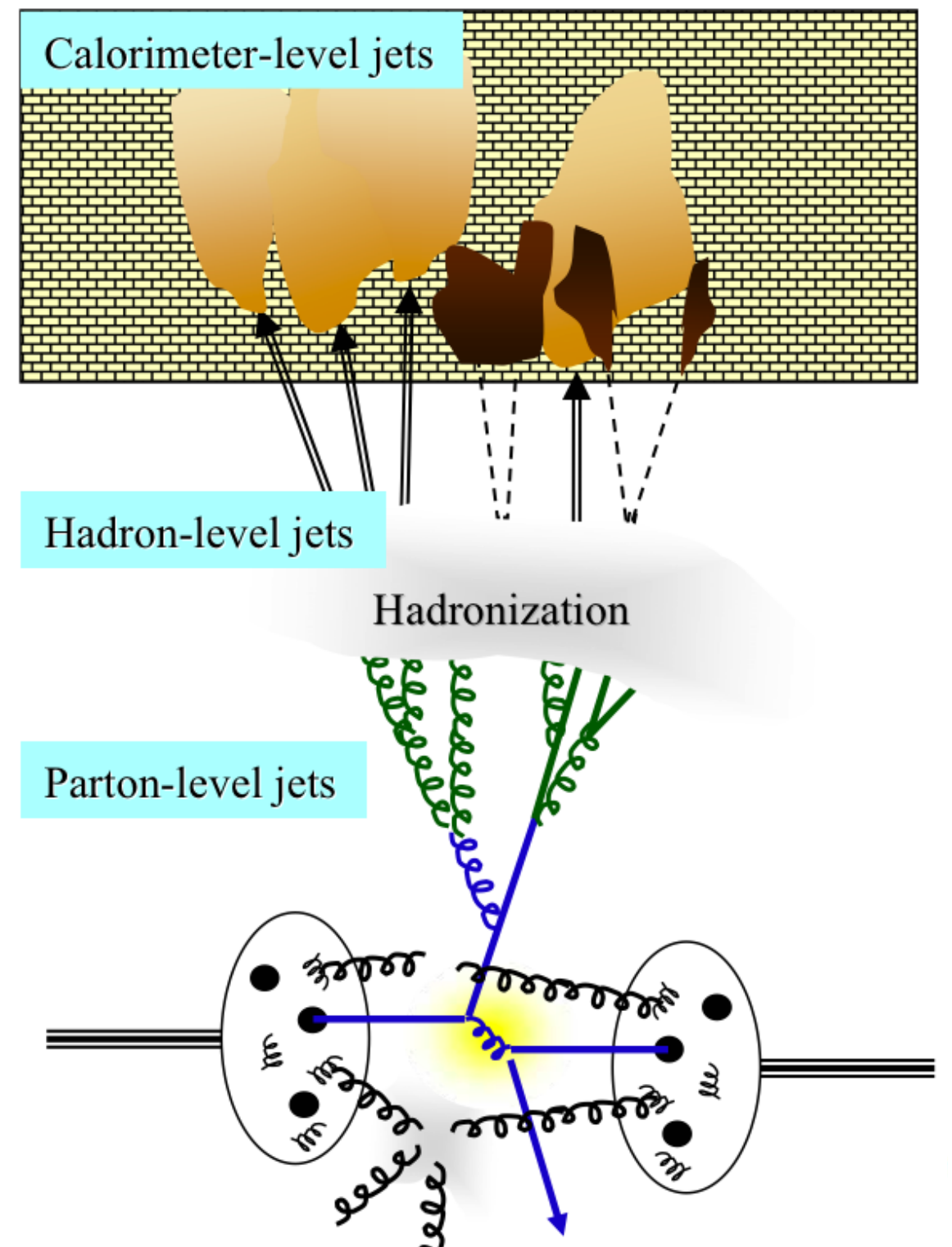
Kvarkai, kaip atskiros pavienės dalelės neegzistuoja.



Traukime labiau!



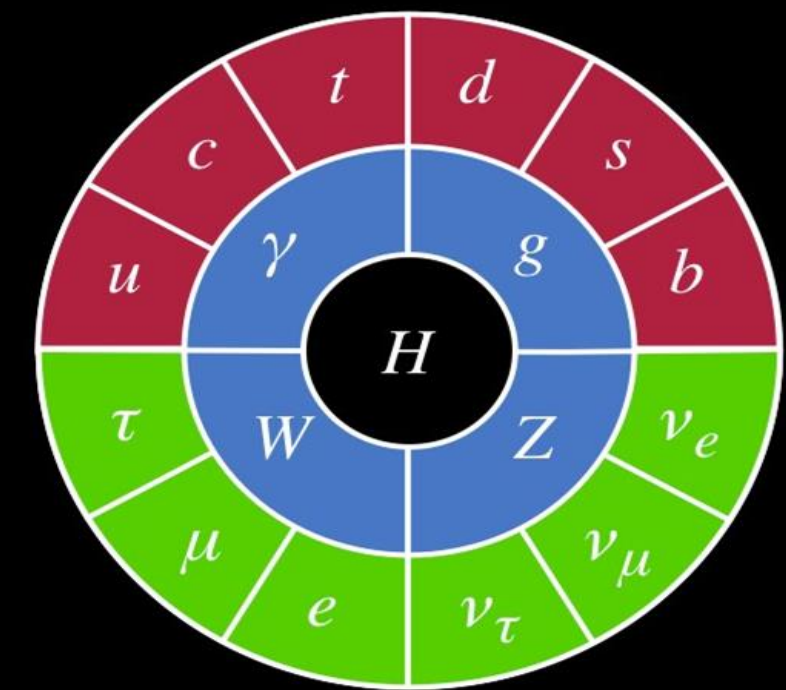
Turime daugiau dalelių!



Tai kokias daleles galima užregistruoti?

- Galime stebėti stabilias daleles: elektronus, fotonus, stabilius kvarkų junginius, pavyzdžiui, protonus, alfa-daleles, atomo branduolius.
- Dalelės, kurių kasdieniniame gyvenime negalime stebėti arba pastebime sunkiai:
 - Sunkesnės nestabilios dalelės skyla į lengvesnes daleles;
 - Kvarkai ir gliuonai nebūna po vieną – jie jungiasi grupėmis dėl jų ribotumo;
 - Neutrinai sąveikauja labai silpnai.
- Galime stebėti ir nestabilias daleles, jei jos gyvuoja pakankamai ilgai, pvz., miuonus ar tauonus, mezonus, radioaktyvius atomo branduolius.

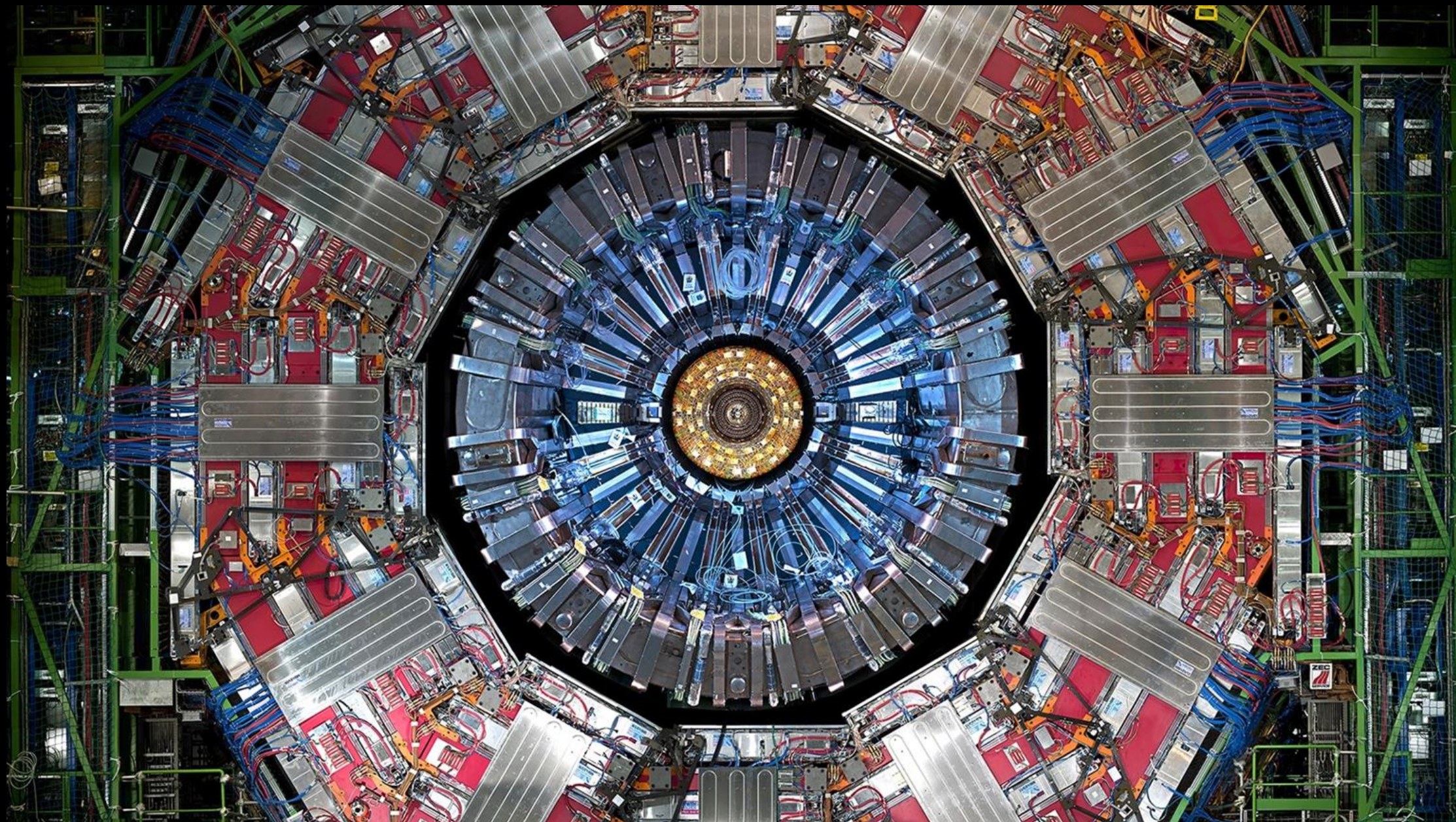
Standartinio modelio dalelės



Ne visos standartinio modelio dalelės gali būti stebimos tiesiogiai

Kaip atpažinti daleles?

Ką reikia išmatuoti, kad galėtume nustatyti skirtingus dalelių tipus?



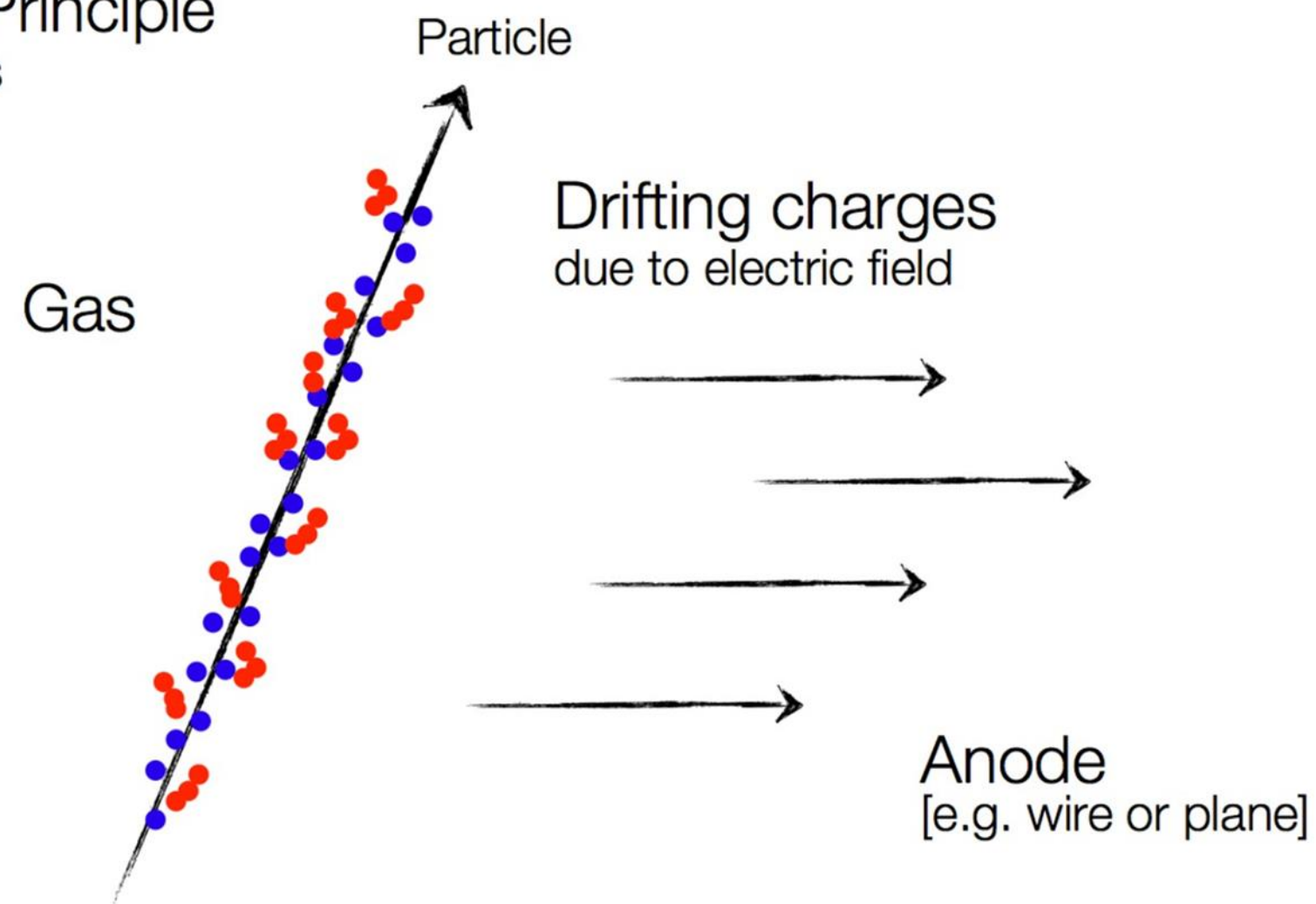
- Energiją;
- Masę;
- Krūvį;
- Impulsą.

Kaip veikia detektorius?

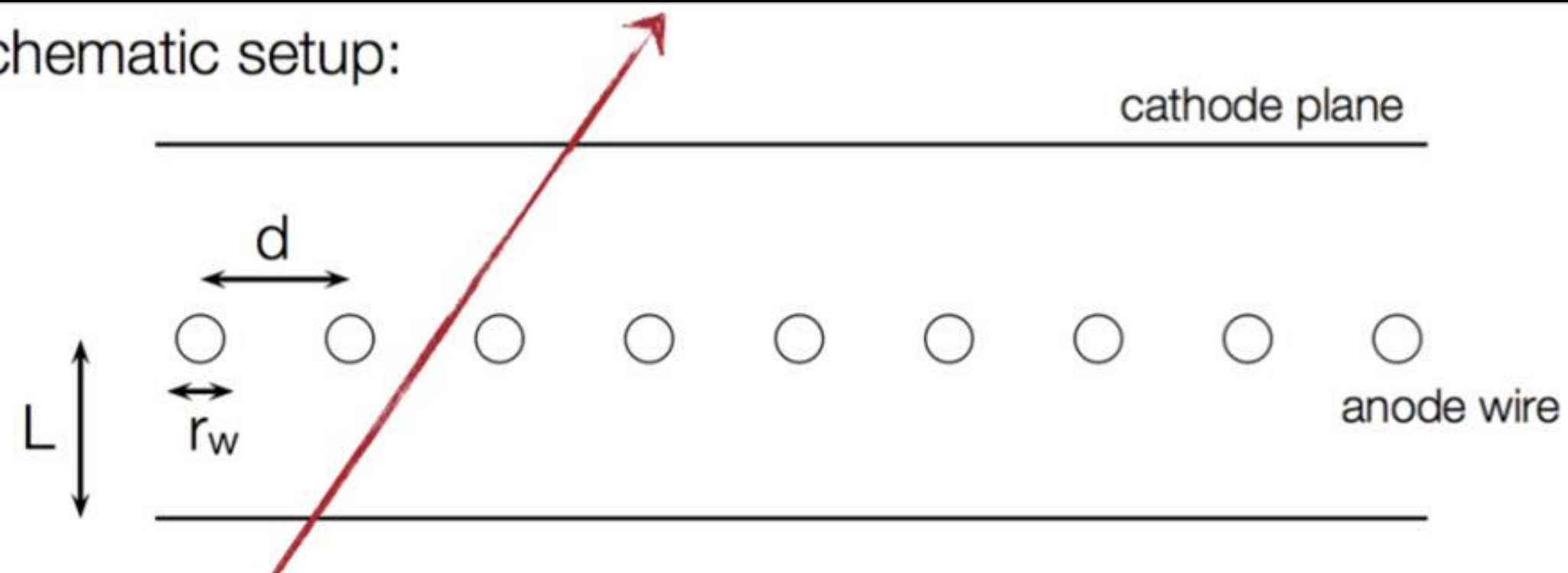
- Norint aptikti dalelę, ji turi sąveikauti su detektoriaus medžiaga.
 - Dauguma dalelių detektorių aptinka šviesą arba elektros krūvį, kurį dalelė palieka po savęs.
- Aptikus dalelę, jos savybės gali būti kitokios:
 - Mažesnė energija;
 - Kitoks judesio momentas (impulsas);
 - Visiškai sustabdyta.
- Dalelės tipą galime nustatyti pagal tai, kaip jos keičiasi praeidamos pro detektoriumi ir pagal tai, kokius pėdsakus dalelė palieka (pvz., ar pėdsakų daug, ar trajektorija magnetiniame lauke išlinkusi).
- Taip pat galima sukurti specializuotus detektorius ir pritaikyti juos tam tikros rūšies dalelėms aptikti, o kitas daleles ignoruoti.

Detektoriai kuriami naudojant jonizacijos procesą:

Schematic Principle of gas detectors

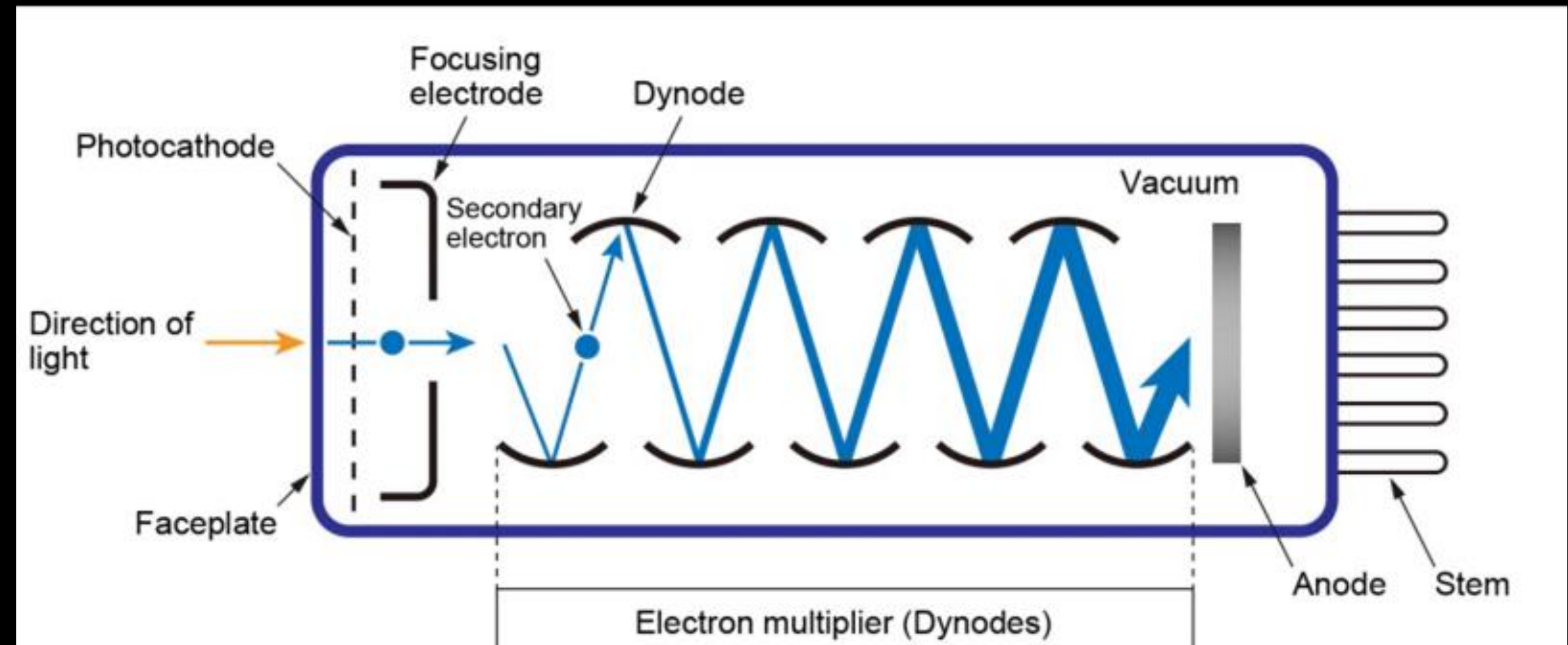


Schematic setup:



Naudojamos kelių laidų kameros.

Detektoriai kuriami panaudojant gaunamą šviesą:



Naudojami fotodaugintuvai, kurie šviesą paverčia į elektrinį signalą.

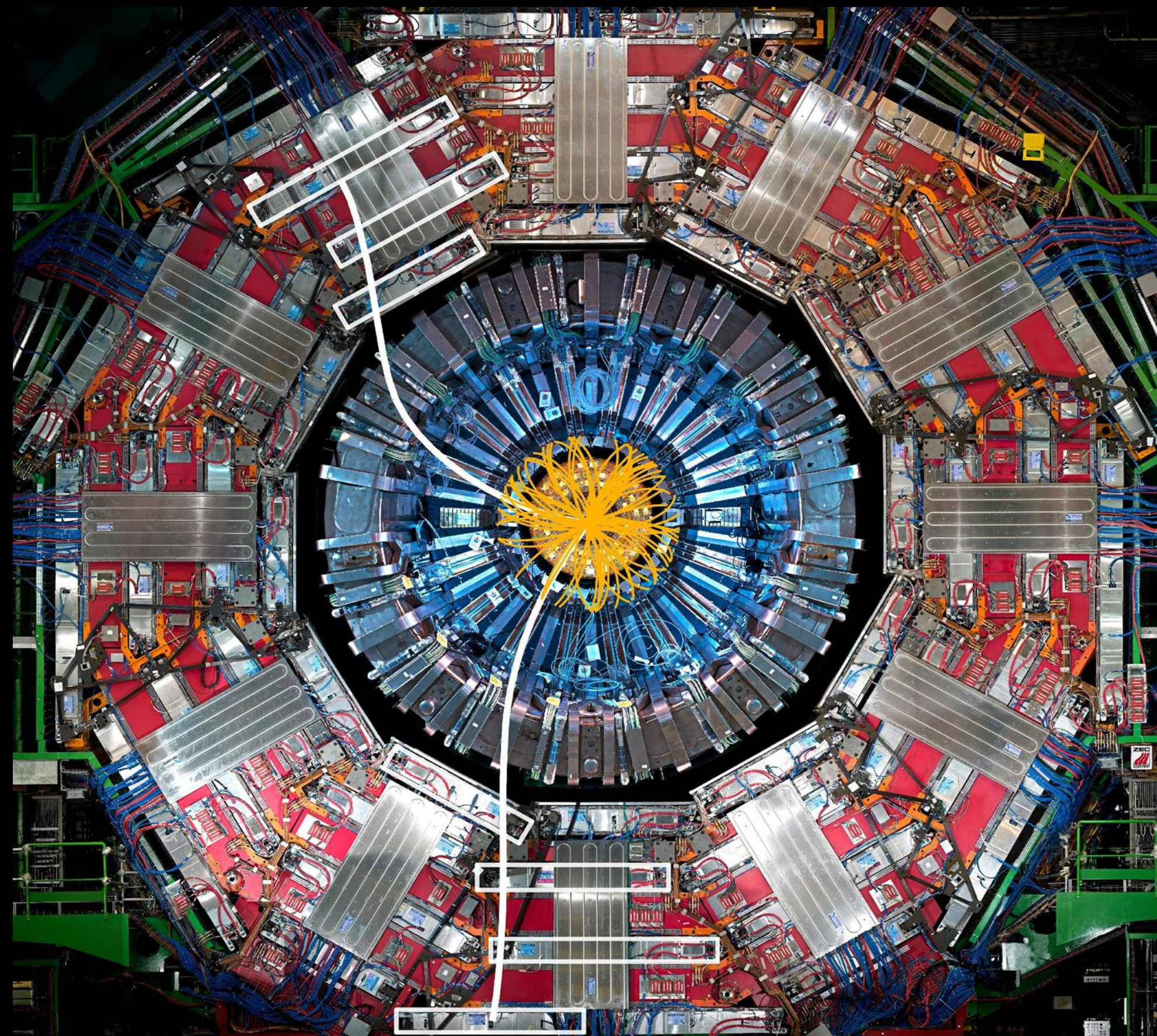
Kalorimetras – detektorius:

- Jei visiškai sustabdome dalelę visa jos energija virsta į signalą.
- Energija išsiskiria kaip:
 - šiluma;
 - jonizacija;
 - atomų sužadėjimas
 - ir t.t.
- Kalorimetrais galima aptikti tiek krūvį turinčias, tiek neutralias daleles.



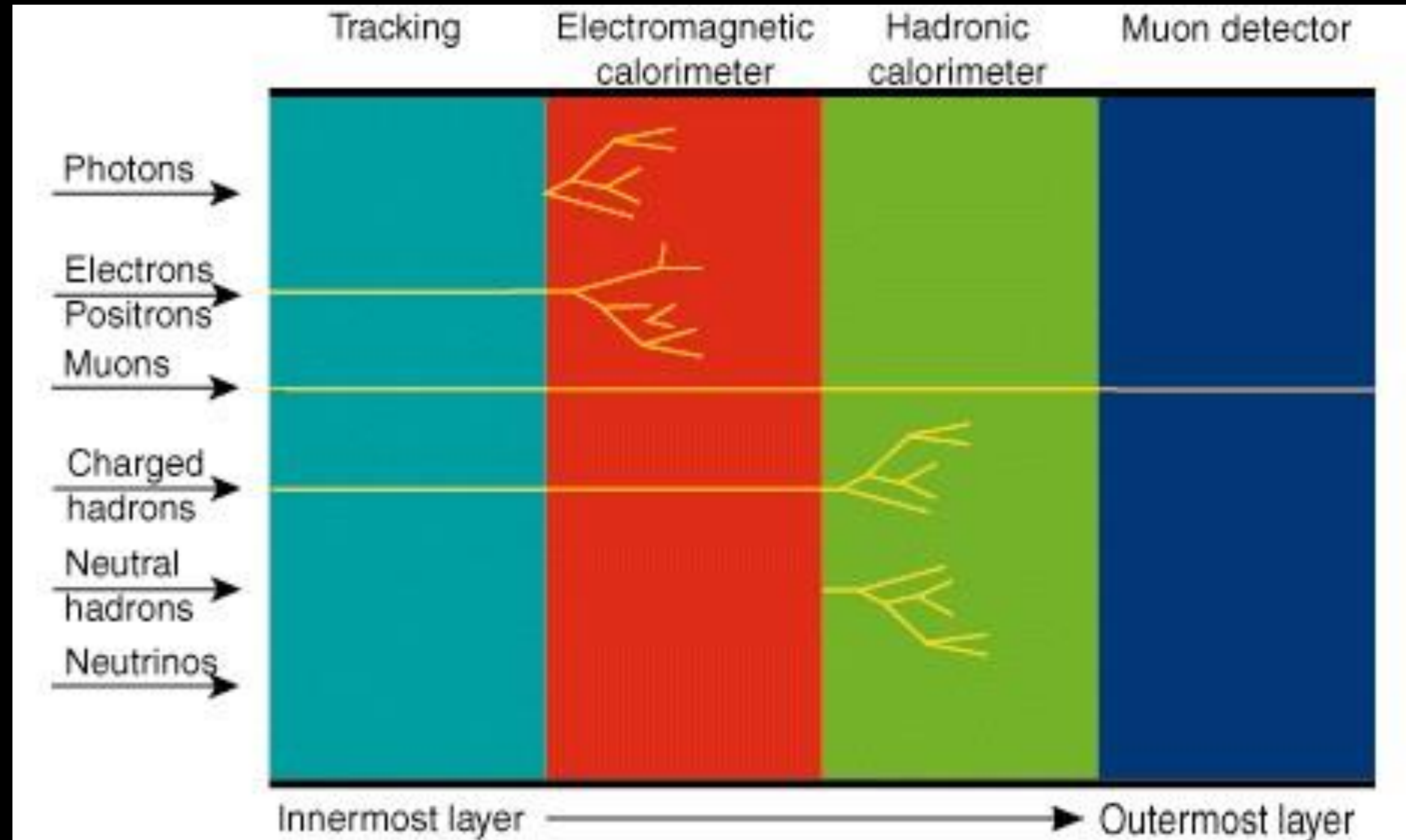
Apibendrinant detektorių darbą:

- Dalelės aptinkamos pagal jų sąveiką su medžiaga;
- Po daugumos sąveikų išskiria fotonai arba elektros krūvis;
- Detektoriai statomi taip, kad juos būtų galima panaudoti kuo įvairiau;
- Laikui bėgant detektoriai tampa vis sudėtingesni;
- Naudojami ne vieno tipo detektoriai: kartu sujungiami skirtingų tipų detektoriai, tokiu būdu gaunant daugiau informacijos apie daleles.



Skirtumai tarp:

- protono ir neutrono
- elektrono ir miuono
- pozitrono ir protono
- elektrono ir pozitrono

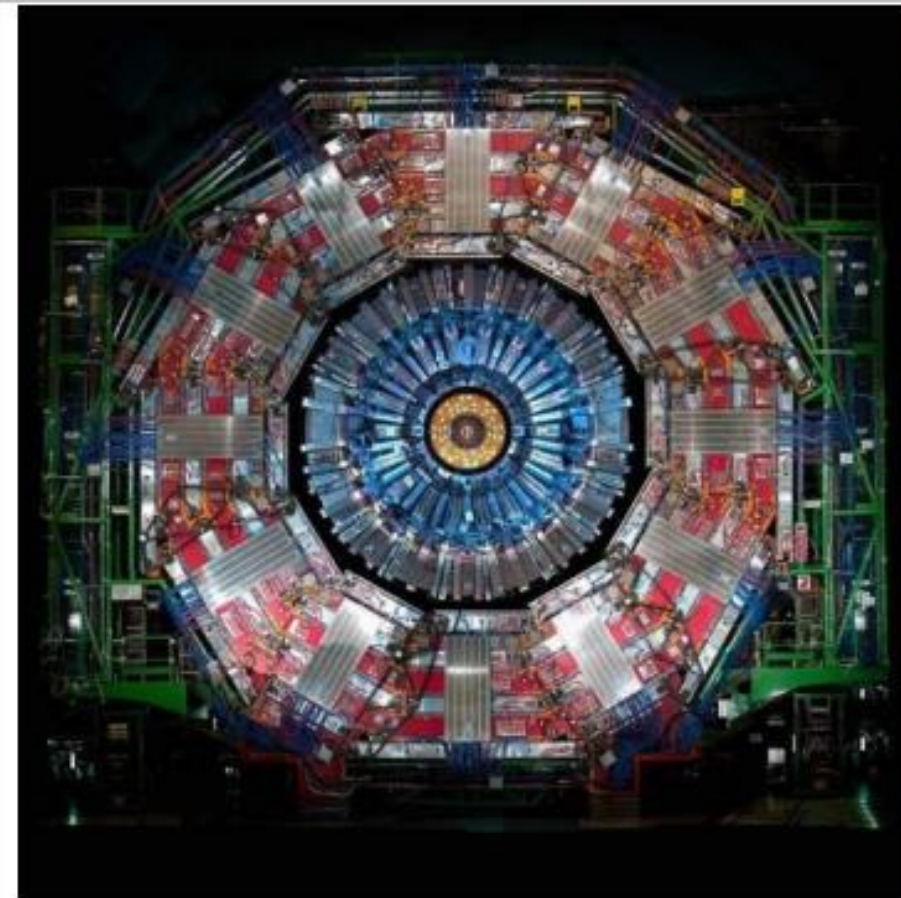


Pagrindiniai LHC eksperimentai:

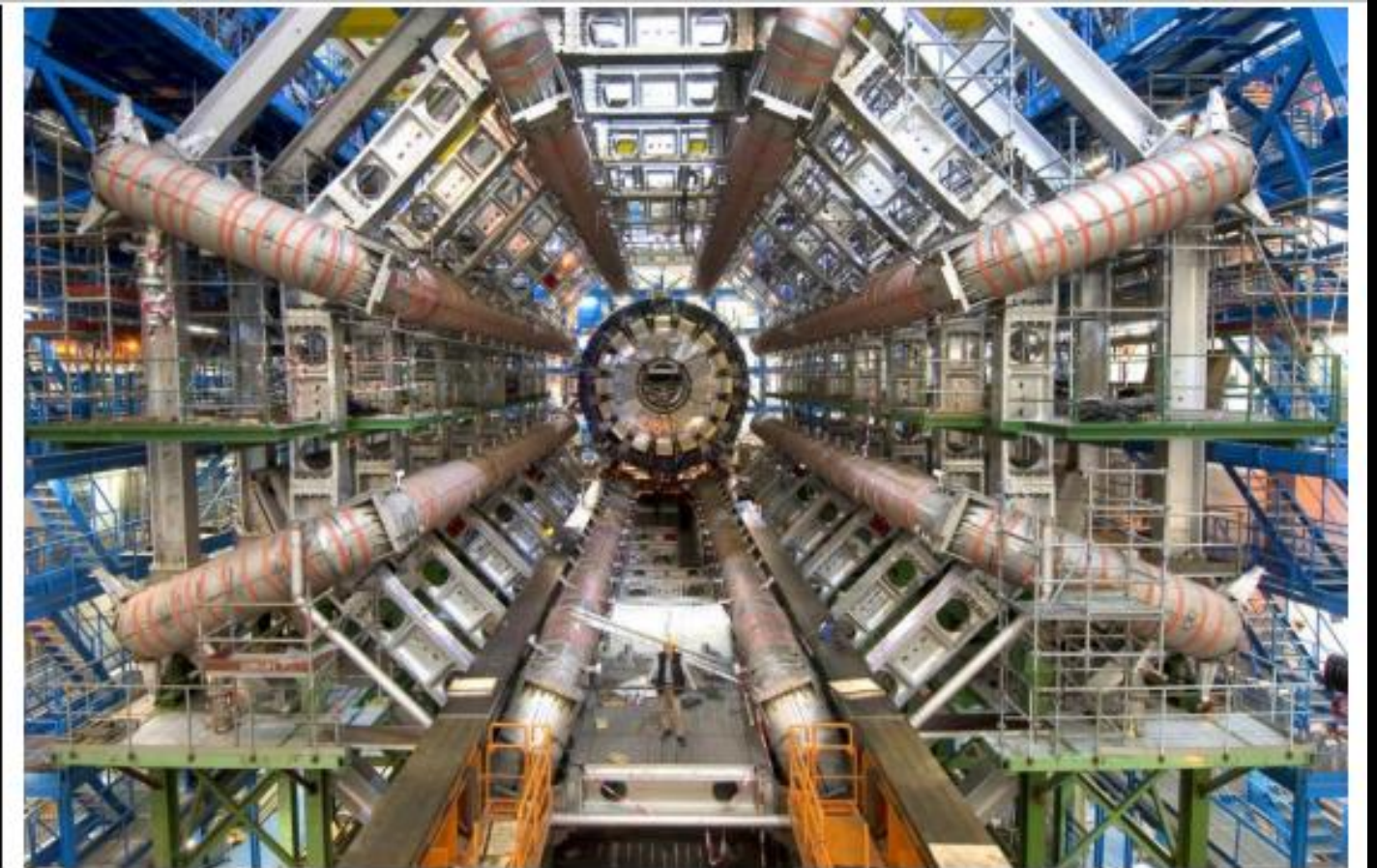
Kiekvienas eksperimentas vyksta bendradarbiaujant tūkstančiams mokslininkų ir inžinierių.

CMS ir ATLAS – bendros paskirties detektoriai, dar kitaip vadinami „atradimo mašinomis“.

LHCb ir ALICE vyksta specializuotos paskirties fizikos eksperimentai.



CMS



ATLAS



LHCb

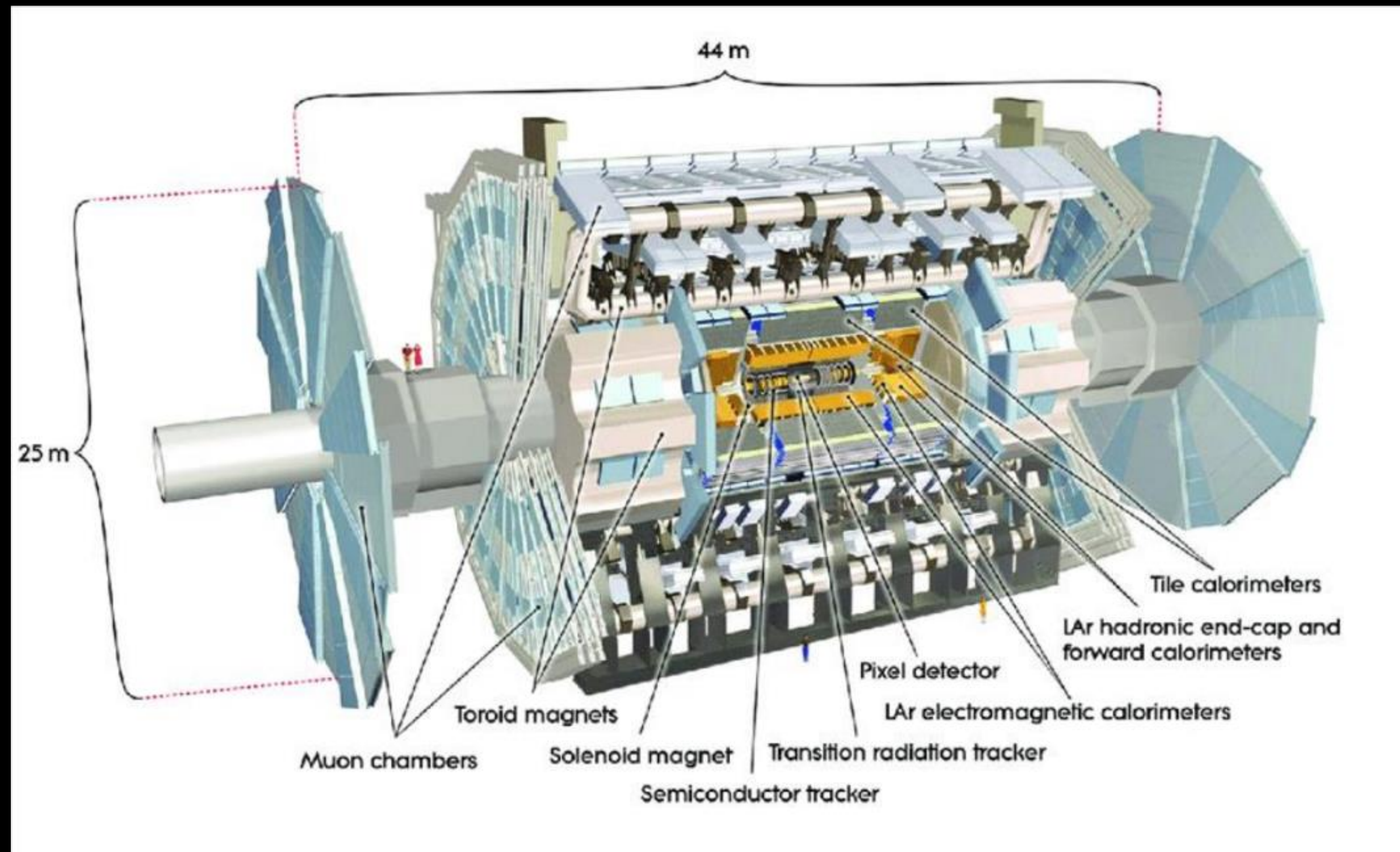


ALICE

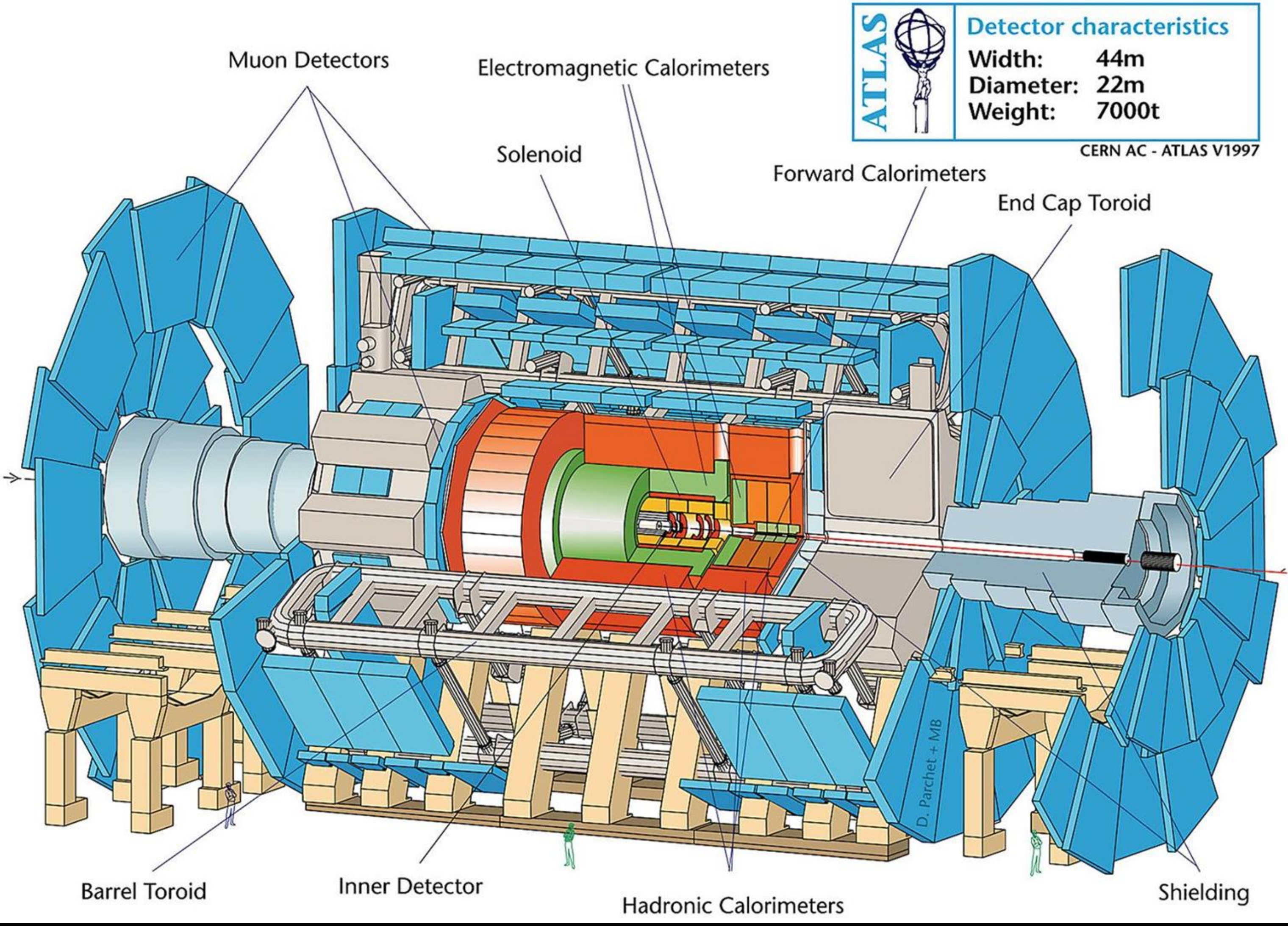
<https://videos.cern.ch/record/1254507>

ATLAS detektorius:

- ATLAS – sutrumpintas pavadinimas „toroidinis LHC aparatas“.
- ATLAS detektorius susideda iš 4 pagrindinių dalių:
 - Sekiklis;
 - Kalorimetrai;
 - Magnetas;
 - Miuonų kameros.
- Detektorius sveria 7000t, ilgis – 44m, 25m aukščio.
- ATLAS detektorius yra didžiausias LHC dalelių detektorius.



<https://www.youtube.com/watch?v=6G0jh0F7OZM>
<https://www.youtube.com/watch?v=OxENLH1ATV4>

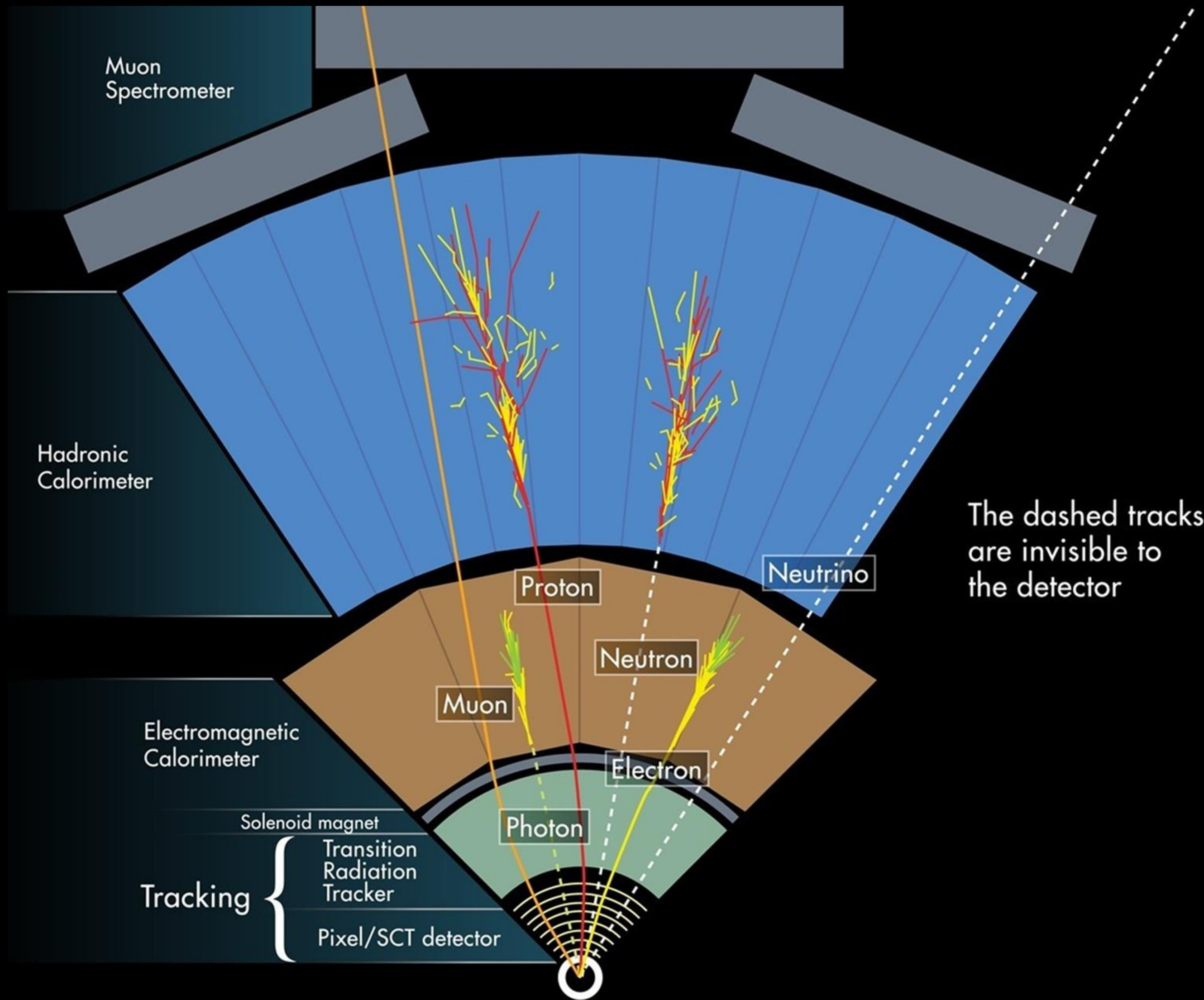


Detector characteristics

Width: 44m
Diameter: 22m
Weight: 7000t

CERN AC - ATLAS V1997

D. Panchet + MB



Muon Spectrometer

Hadronic Calorimeter

Electromagnetic Calorimeter

Tracking

Solenoid magnet

Transition Radiation Tracker

Pixel/SCT detector

Proton

Neutron

Muon

Electron

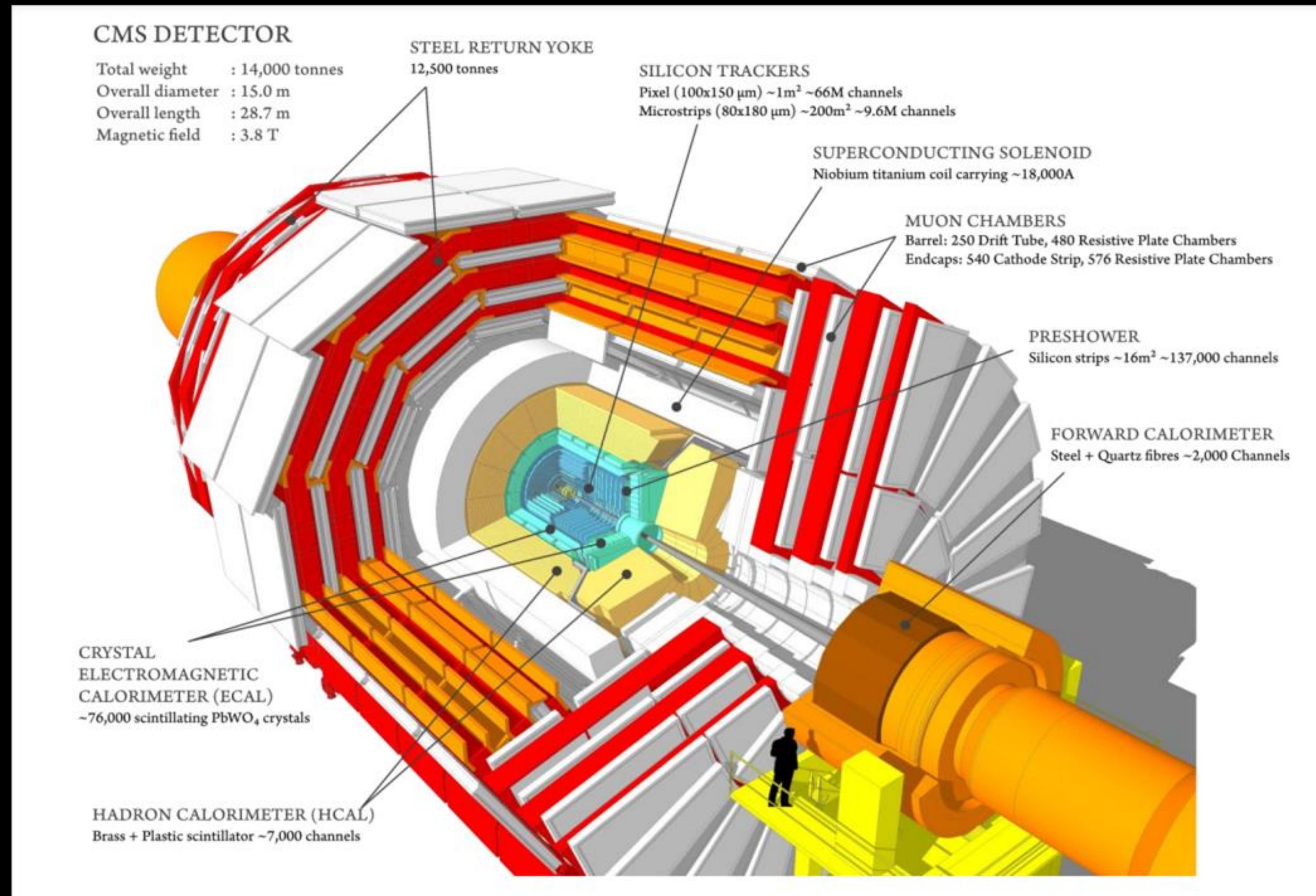
Photon

Neutrino

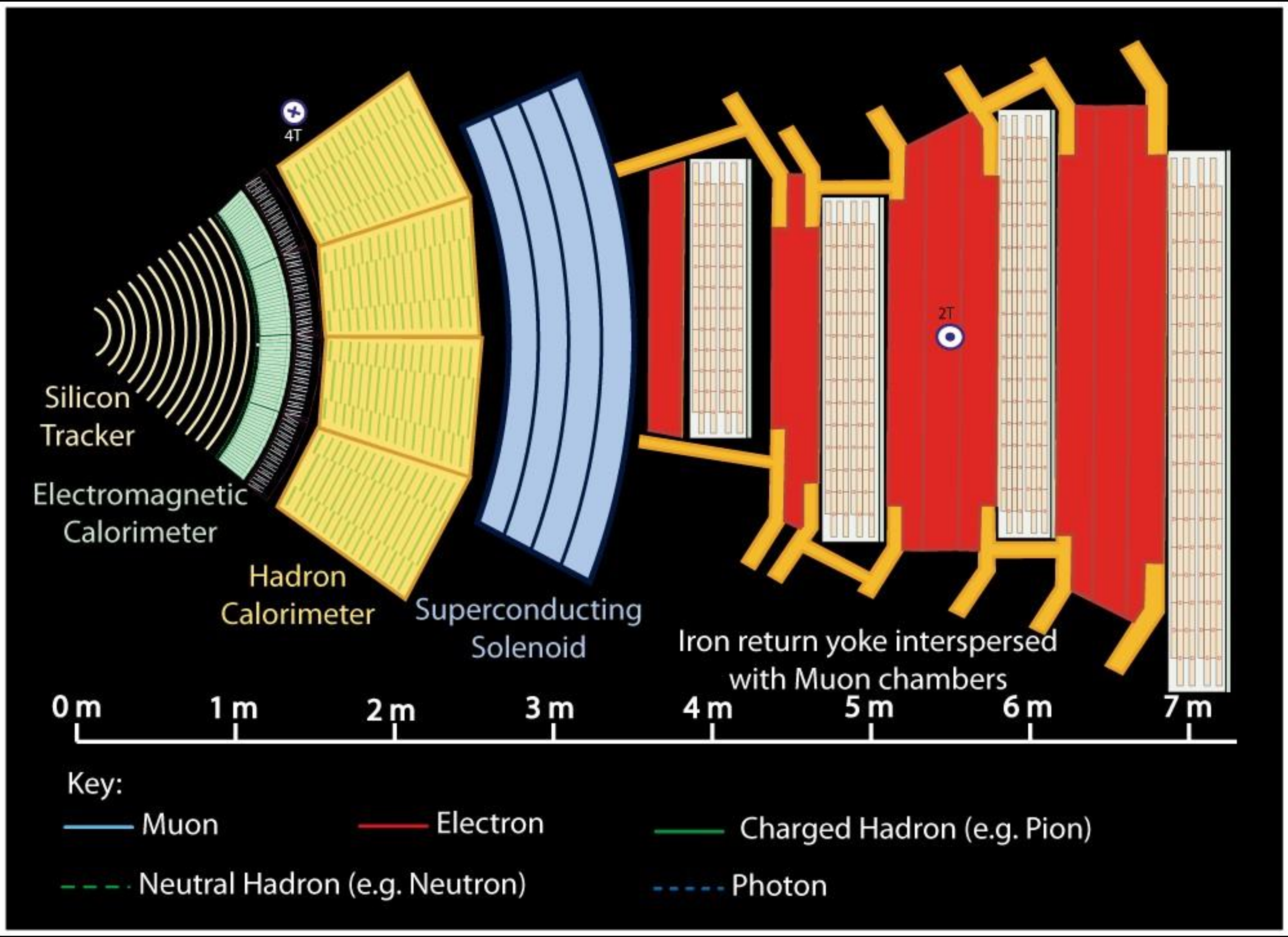
The dashed tracks are invisible to the detector

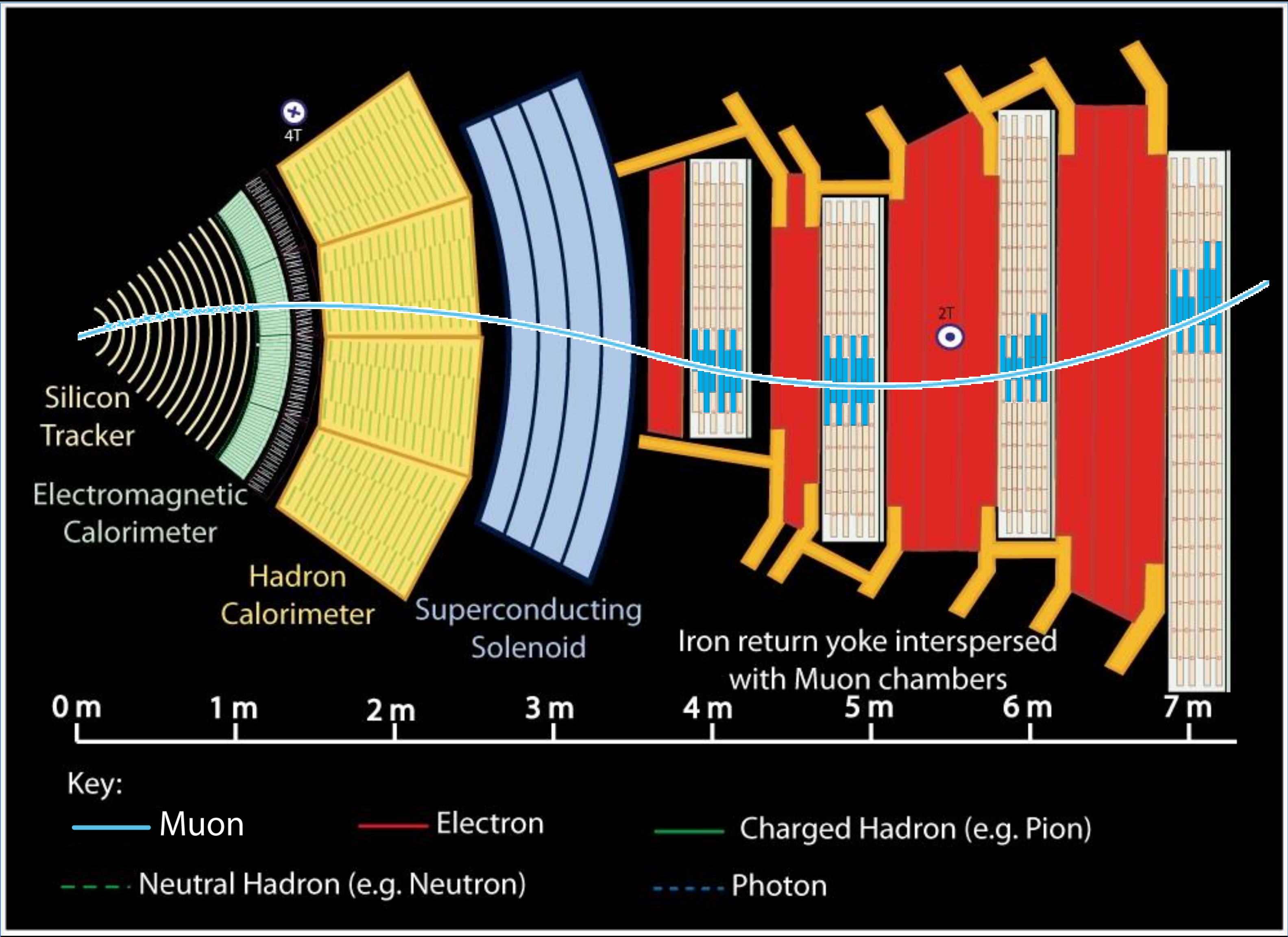
CMS detektorius:

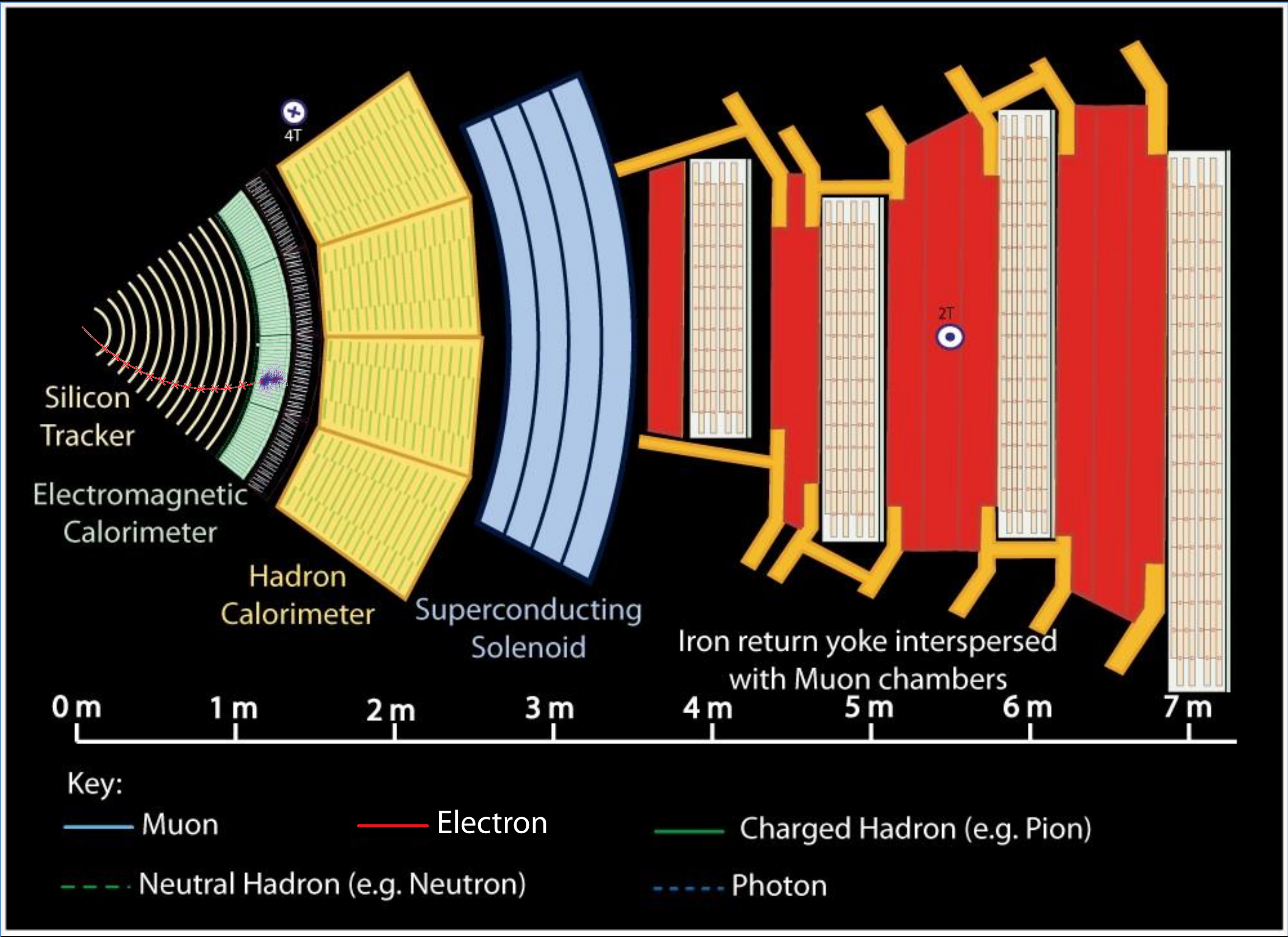
- CMS - kompaktiškas miuonų solenoidas.
- Detektorių sudaro 4 pagrindinės dalys:
 - Sekiklis;
 - Kalorimetrai;
 - Magnetas;
 - Miuonų kameros.
- Skirtingai nuo kitų LHC eksperimentų, CMS buvo pastatytas dalimis žemės paviršiuje, o vėliau nuleistas ir sumontuotas po žeme.
- Detektorius sveria 14 000t yra 21m ilgio ir 15m pločio, todėl jis yra sunkiausias dalelių detektorius.

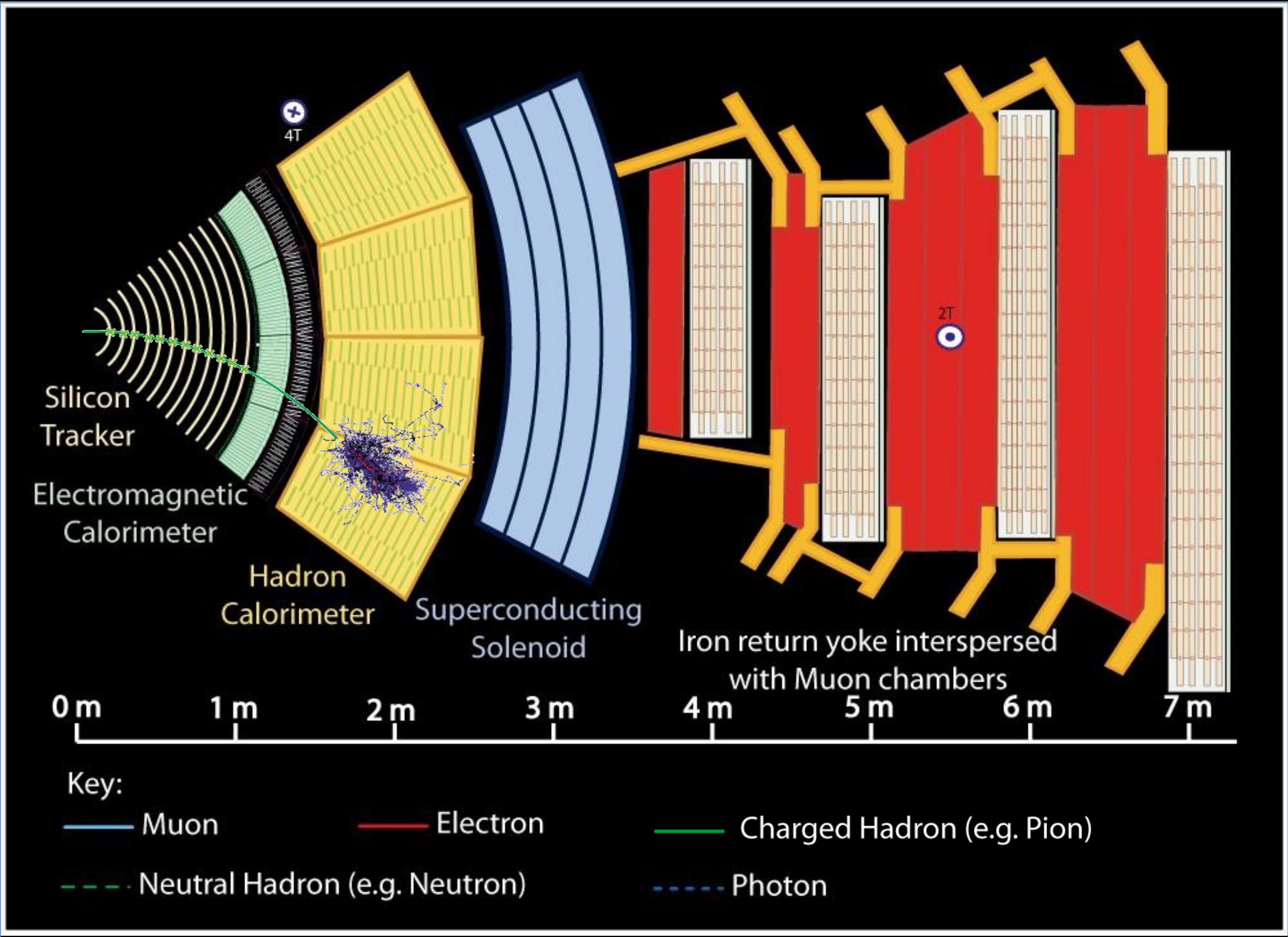


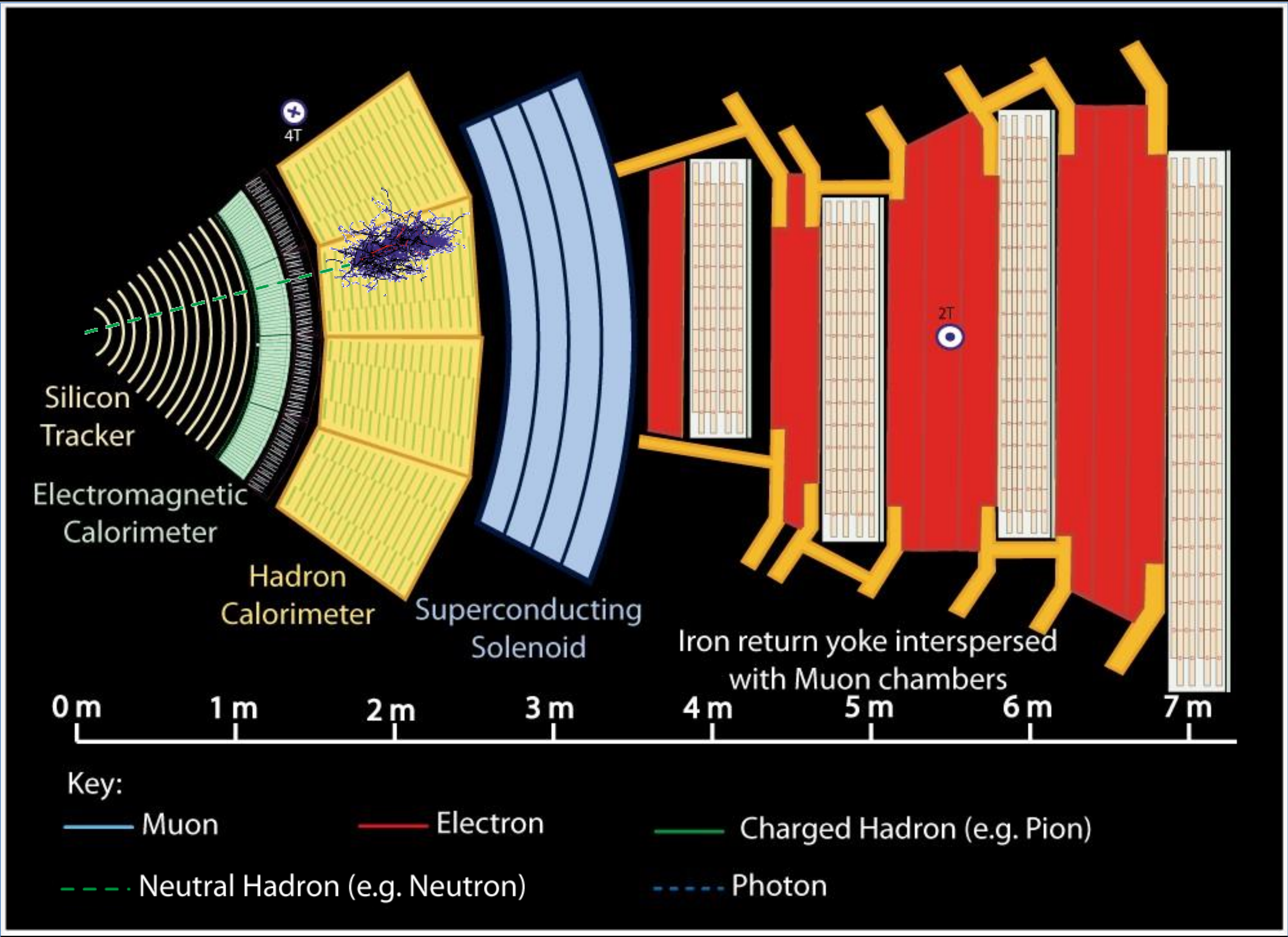
<https://www.youtube.com/watch?v=S99d9BQmGB0>

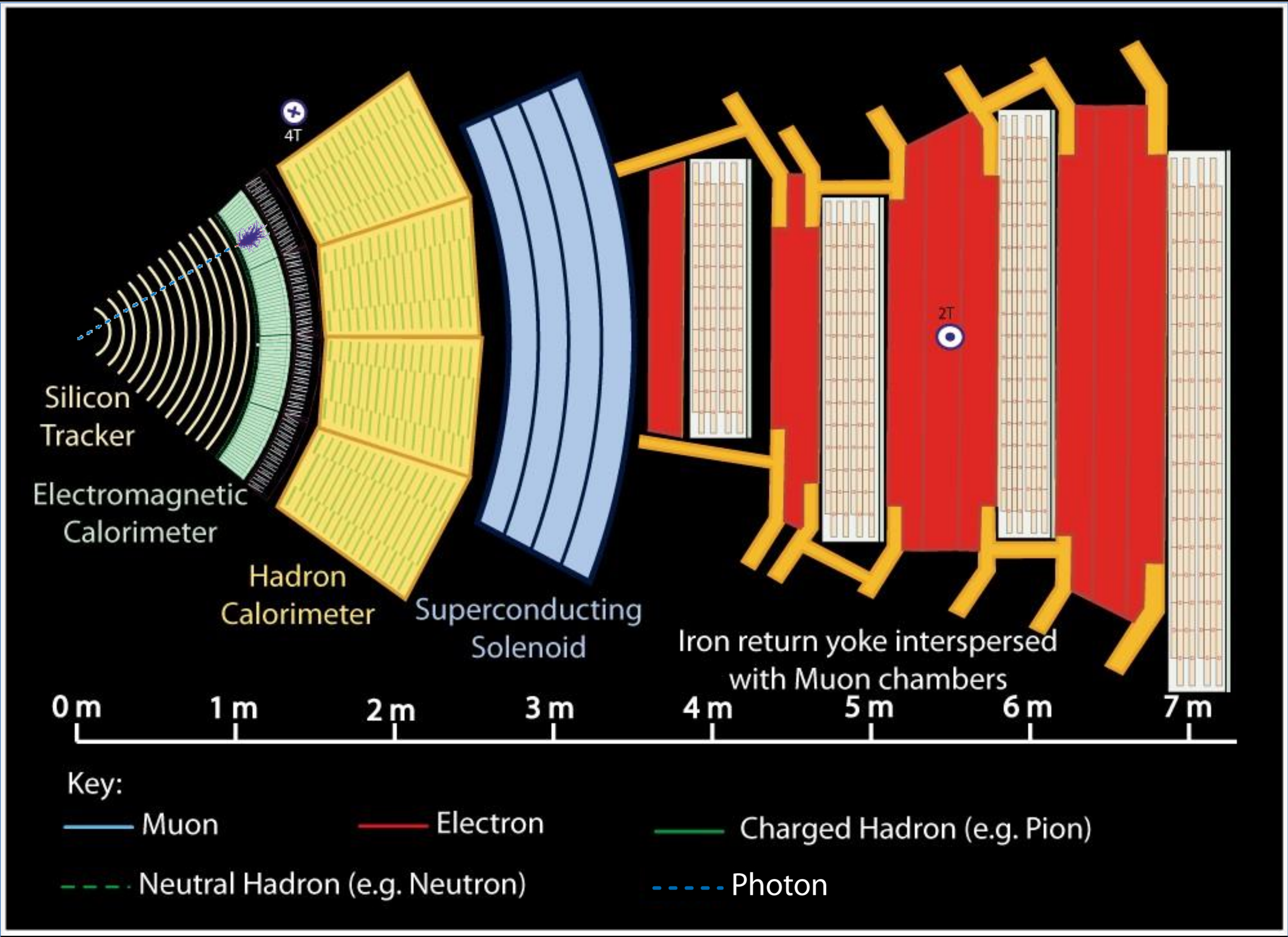






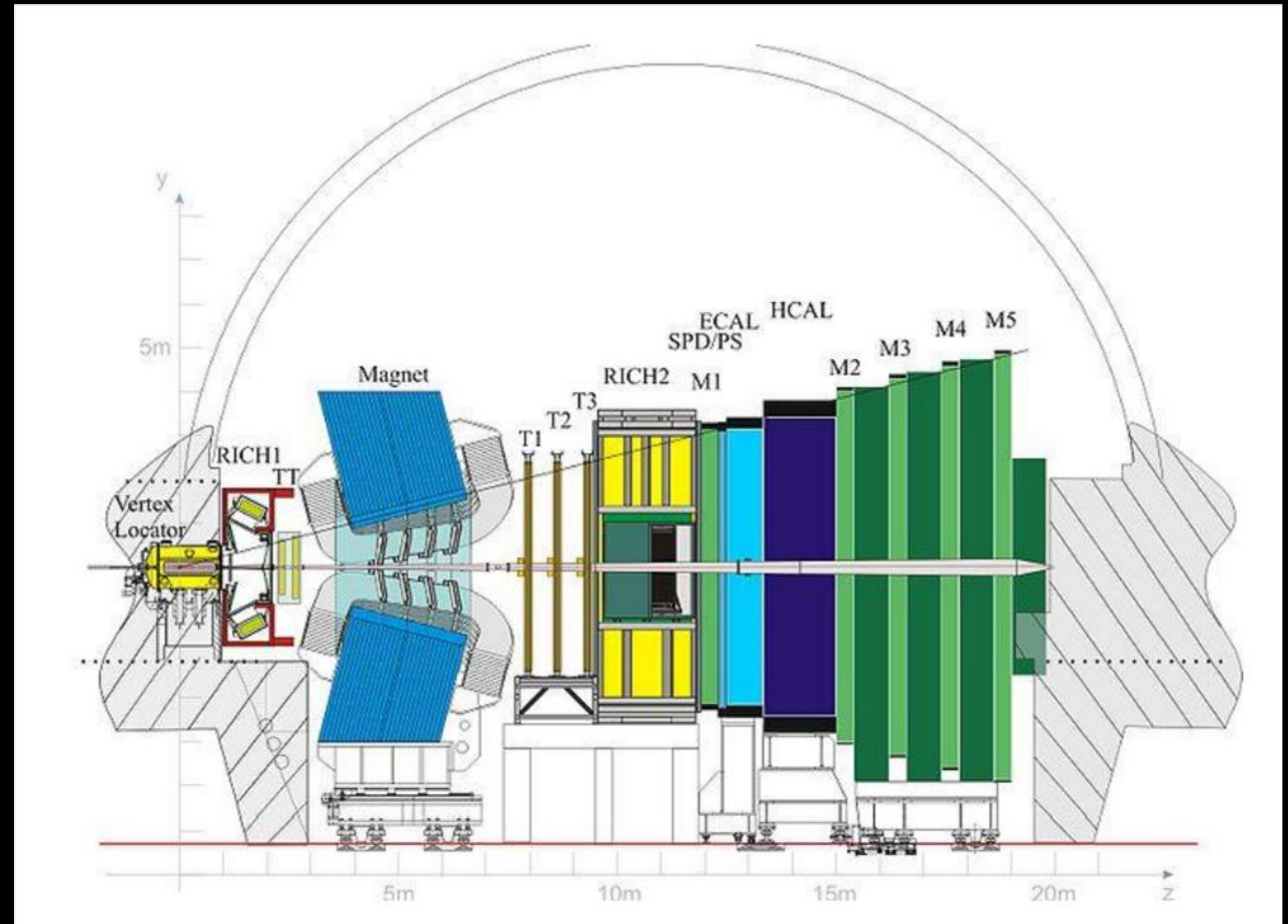






LHCb detektorius:

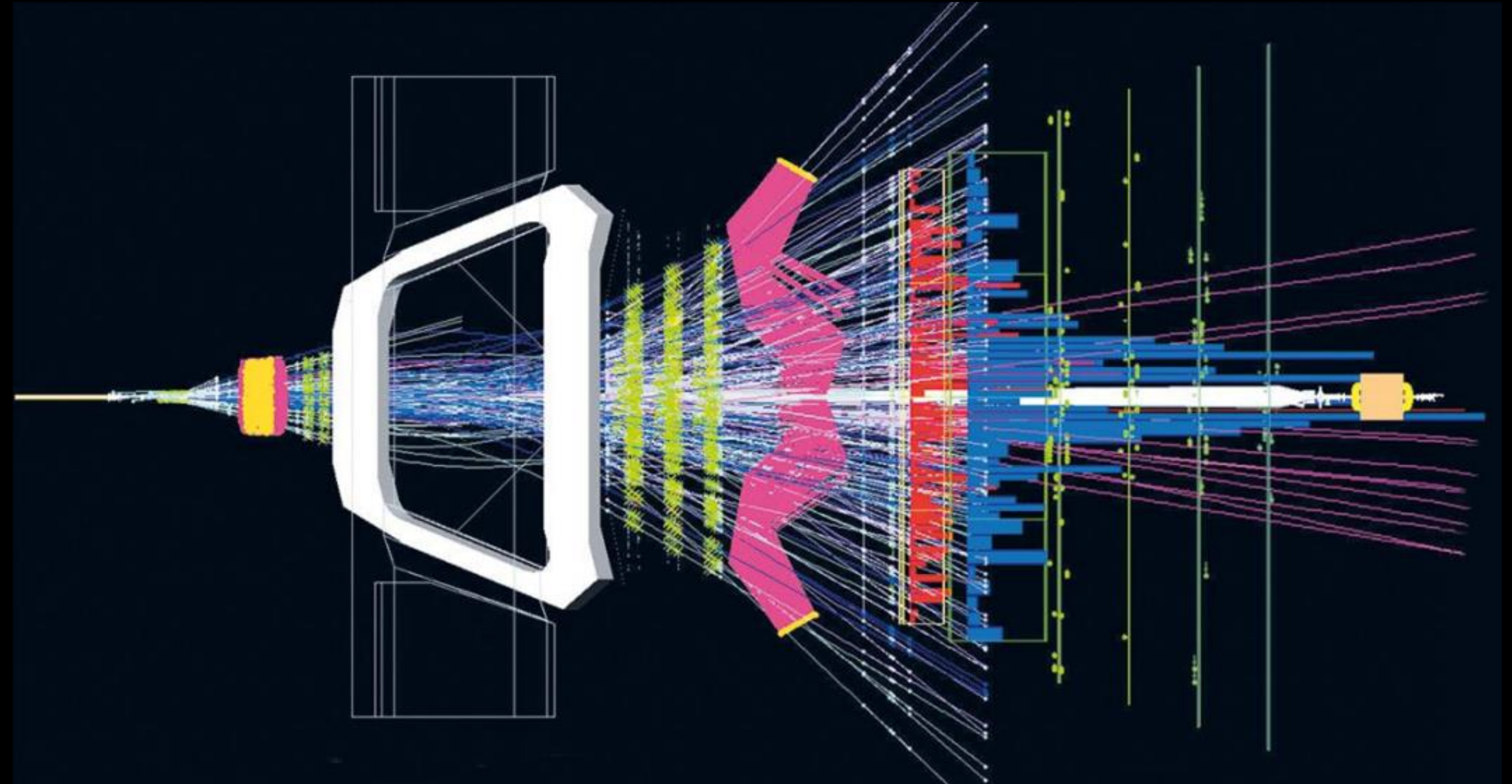
- Detektorius skirtas tirti skirtumams tarp materijos ir antimaterijos. Tai daroma tyrinėjant tam tikros rūšies daleles vadinamas "b kvarkais".
- LHCb eksperimente naudojama eilė subdetektorių, kuriais dažniausiai aptinkamos naujos dalelės, kurias viena kryptimi išmeta susiduriančios dalelės.
- LHCb detektorius sveria 5600t, ilgis – 21m, 10m aukščio ir 13m pločio.
- Detektorius sudarytas iš priekinio spektrometro ir plokščiųjų detektorių.



<https://www.youtube.com/watch?v=hsLXi9QTxUo>

LHCb detektorius:

- LHCb fizikos programoje daugiausia dėmesio skiriama “b kvarkui” ir su juo susijusio B mezono dalelių tyrimams.
- B mezonų skilimai leidžia ištirti:
 - CP simetrijos pažeidimą dalelių skilimuose;
 - Stebėti retų dalelių skilimus;
 - Patikrinti pagrindinius standartinio modelio principus.



LHCb detektoriuje įvykęs vienas dalelių susidūrimas.

Detectors in the LHCb Trigger

Vertex Locator

primary vertex
impact parameter
displaced vertex

Trigger Tracker

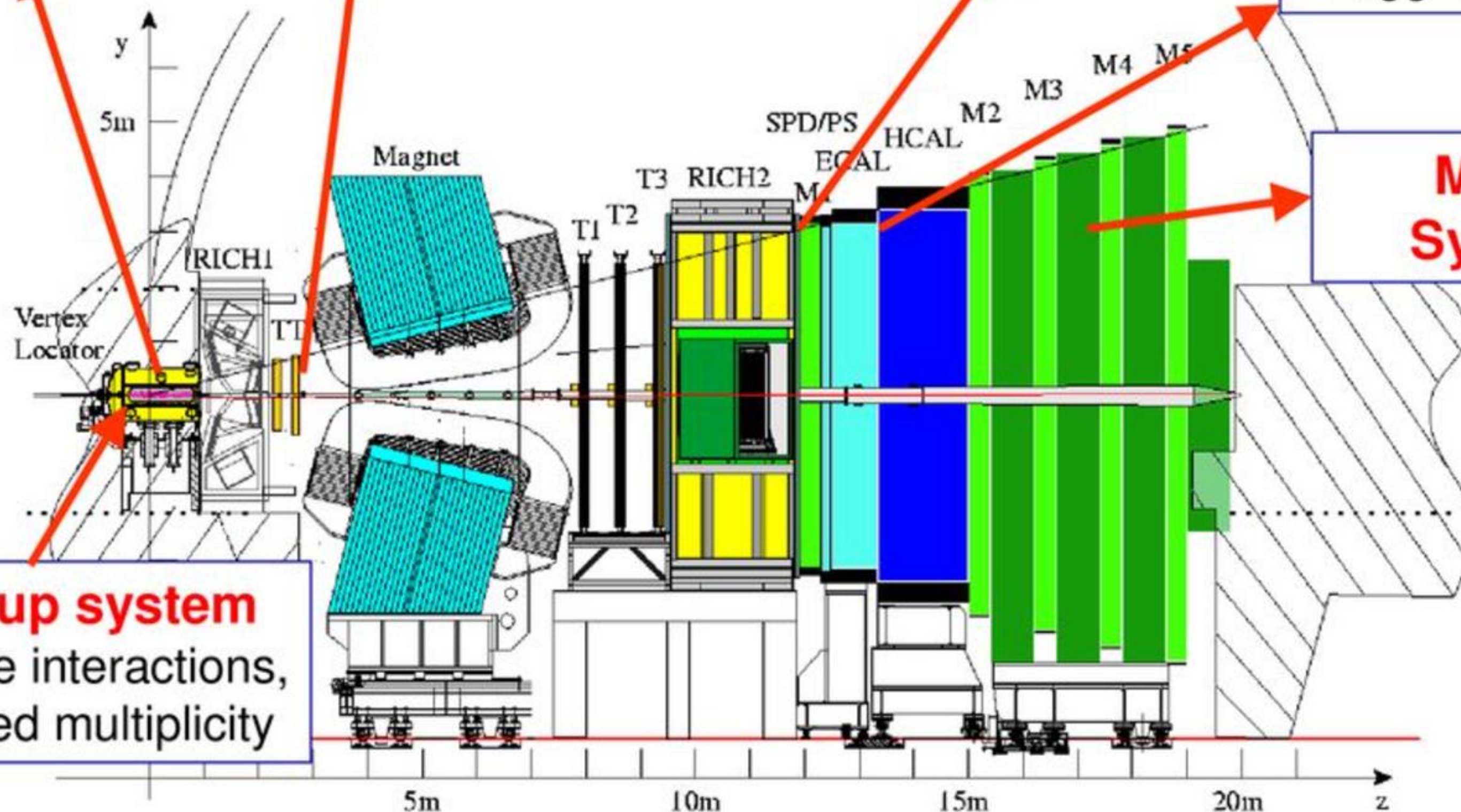
p , p_T

Scintillator Pad Detector

Charged multiplicity

Calorimeters

PID: e, γ, π^0
Trigger on hadr.



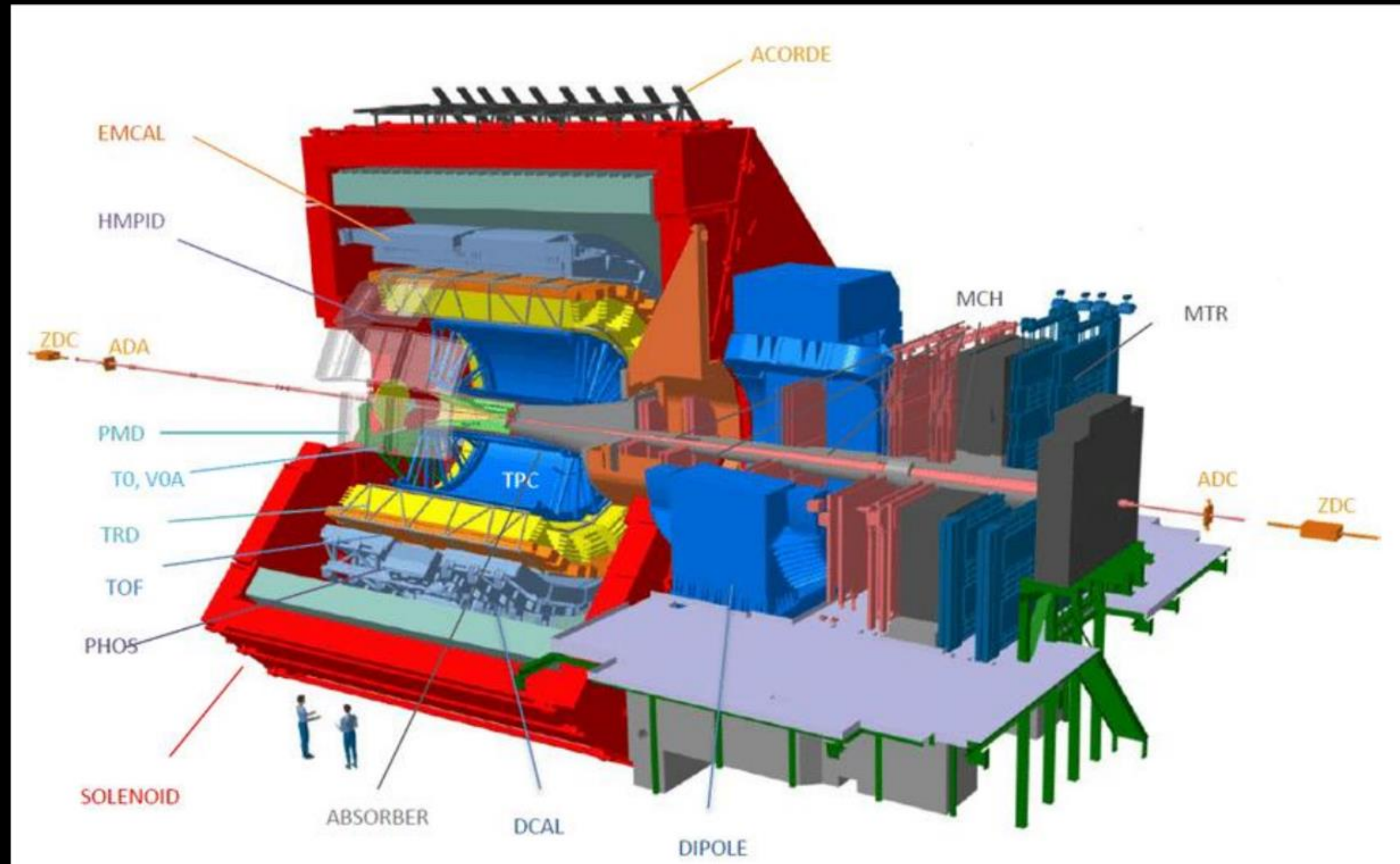
Pile-up system

multiple interactions,
charged multiplicity

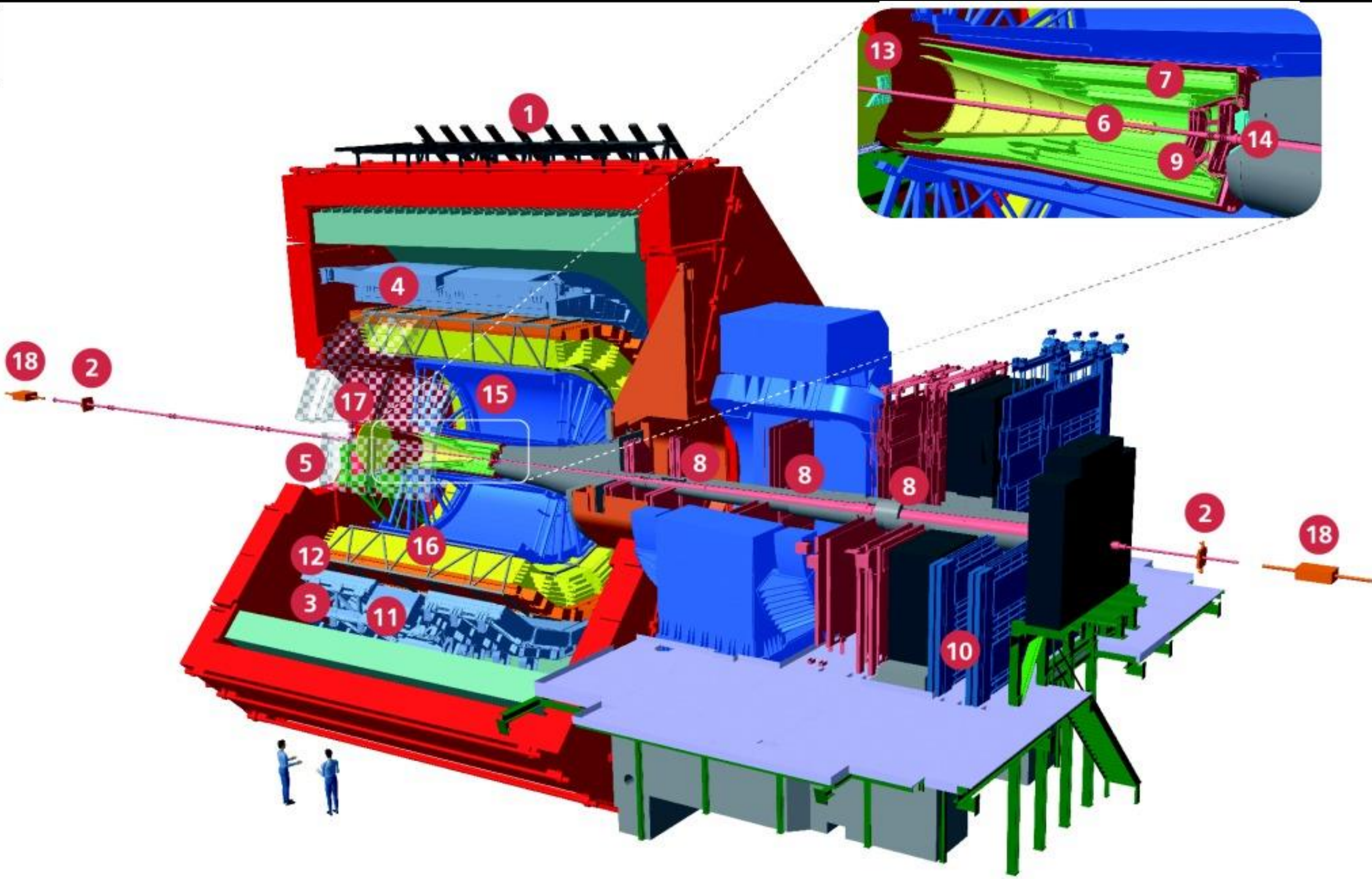
Muon System

ALICE detektorius:

- ALICE detektoriuje vyksta priešpriešinių jonų srautų susidūrimo eksperimentas.
- Šis eksperimentas tiria kvarkų ir gliuonų plazmą, kuri yra materijos būseną, egzistavusią ankstyvojoje visatoje.
- ALICE sudaro subdetektoriai, kurie pritaikyti sunkiųjų jonų susidūrimams.
- ALICE detektorius sveria 10 000t, ilgis – 26m, aukštis – 16m.



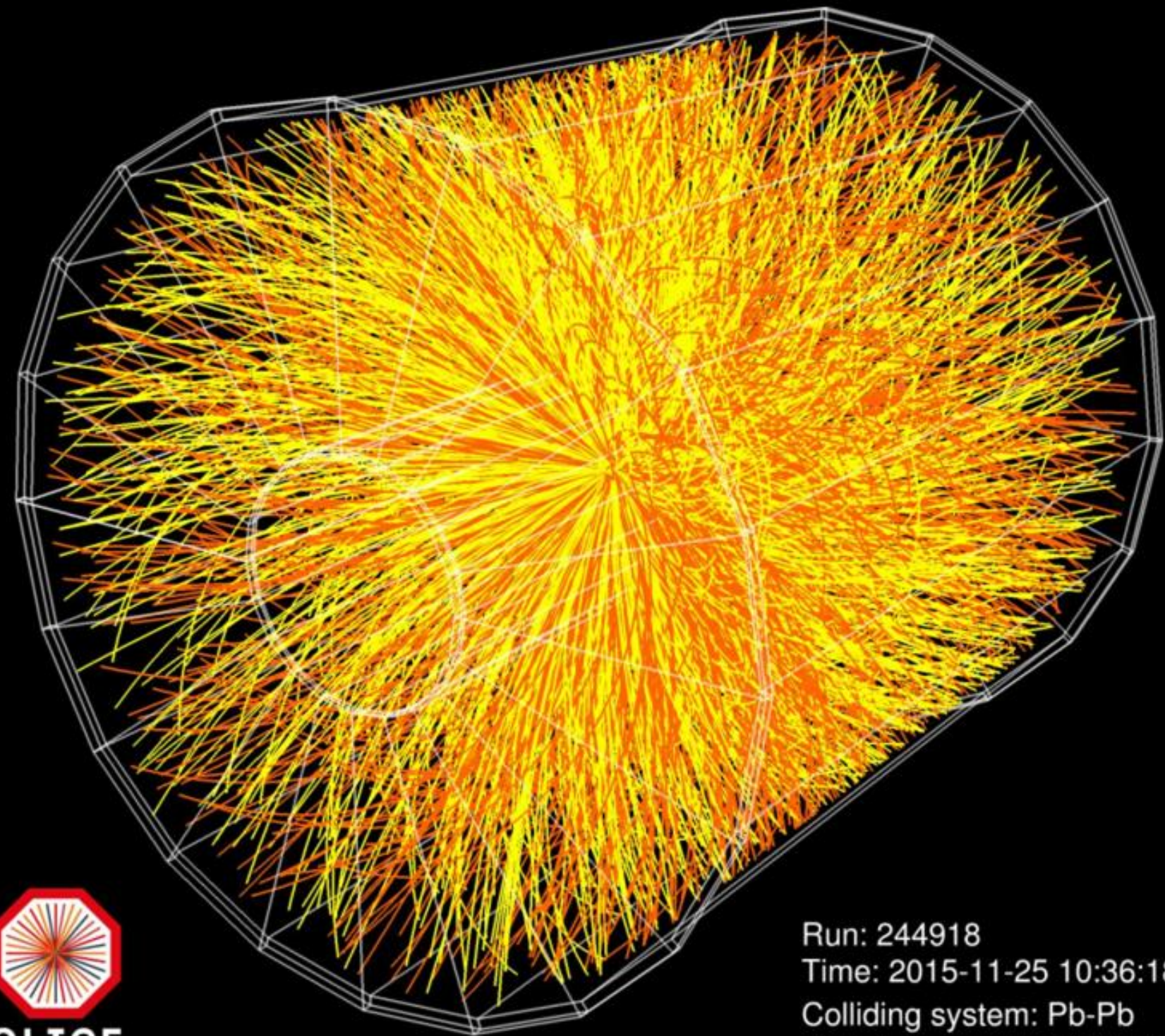
<https://www.youtube.com/watch?v=yWBWzIUCNpw>



- 1 ACORDE | ALICE Cosmic Rays Detector
- 2 AD | ALICE Diffractive Detector
- 3 DCal | Di-jet Calorimeter
- 4 EMCAL | Electromagnetic Calorimeter
- 5 HMPID | High Momentum Particle Identification Detector
- 6 ITS-IB | Inner Tracking System - Inner Barrel
- 7 ITS-OB | Inner Tracking System - Outer Barrel
- 8 MCH | Muon Tracking Chambers
- 9 MFT | Muon Forward Tracker
- 10 MID | Muon Identifier
- 11 PHOS / CPV | Photon Spectrometer
- 12 TOF | Time Of Flight
- 13 T0+A | Tzero + A
- 14 T0+C | Tzero + C
- 15 TPC | Time Projection Chamber
- 16 TRD | Transition Radiation Detector
- 17 V0+ | Vzero + Detector
- 18 ZDC | Zero Degree Calorimeter

ALICE detektorius:

ALICE detektorius pritaikytas sunkiųjų jonų susidūrimo eksperimentams. Šio eksperimento pagrindinis tikslas – ištirti stipriai sąveikaujančių kvarkų-gliuonų plazmą, kas leistų atsakyti, kaip vystėsi ankstyvoji visata.



ALICE

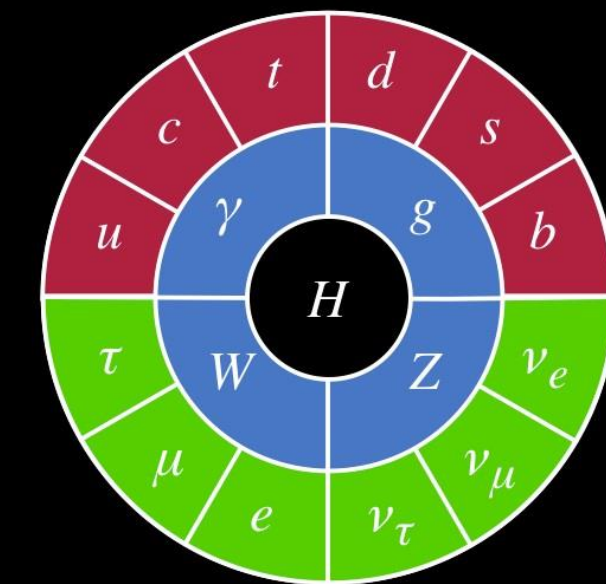
Run: 244918
Time: 2015-11-25 10:36:18
Colliding system: Pb-Pb
Collision energy: 5.02 TeV

ALICE detektoriuje įvykęs vienas Pb-Pb susidūrimas.

Jonizuojančiosios spinduliuotės registravimo ir matavimo prietaisai:

- Vilsono kamera
 - Veikimas pagrįstas persotintųjų garų kondensavimusi apie garų jonus.
- Burbulinė kamera
 - Veikimas pagrįstas perkaitintų skysčių jonizacijos principu.
- Fotoemulsijų metodas
 - Veikimas pagrįstas fotoemulsijos jonizacijos principu. Fotoemulsijoje yra daug sidabro bromido
- Geigerio ir Miulerio skaitiklis
 - Veikimas pagrįstas dujų jonizacijos principu.
- Vulfo elektroskopas
 - Veikimas pagrįstas dujų jonizacijos principu.

Dalelių fizikoje veikiančios jėgos:



FUNDAMENTAL FORCES

Strong nuclear force

Electromagnetism

Weak nuclear force

Gluon

Photon

W and Z

MATTER

Quark

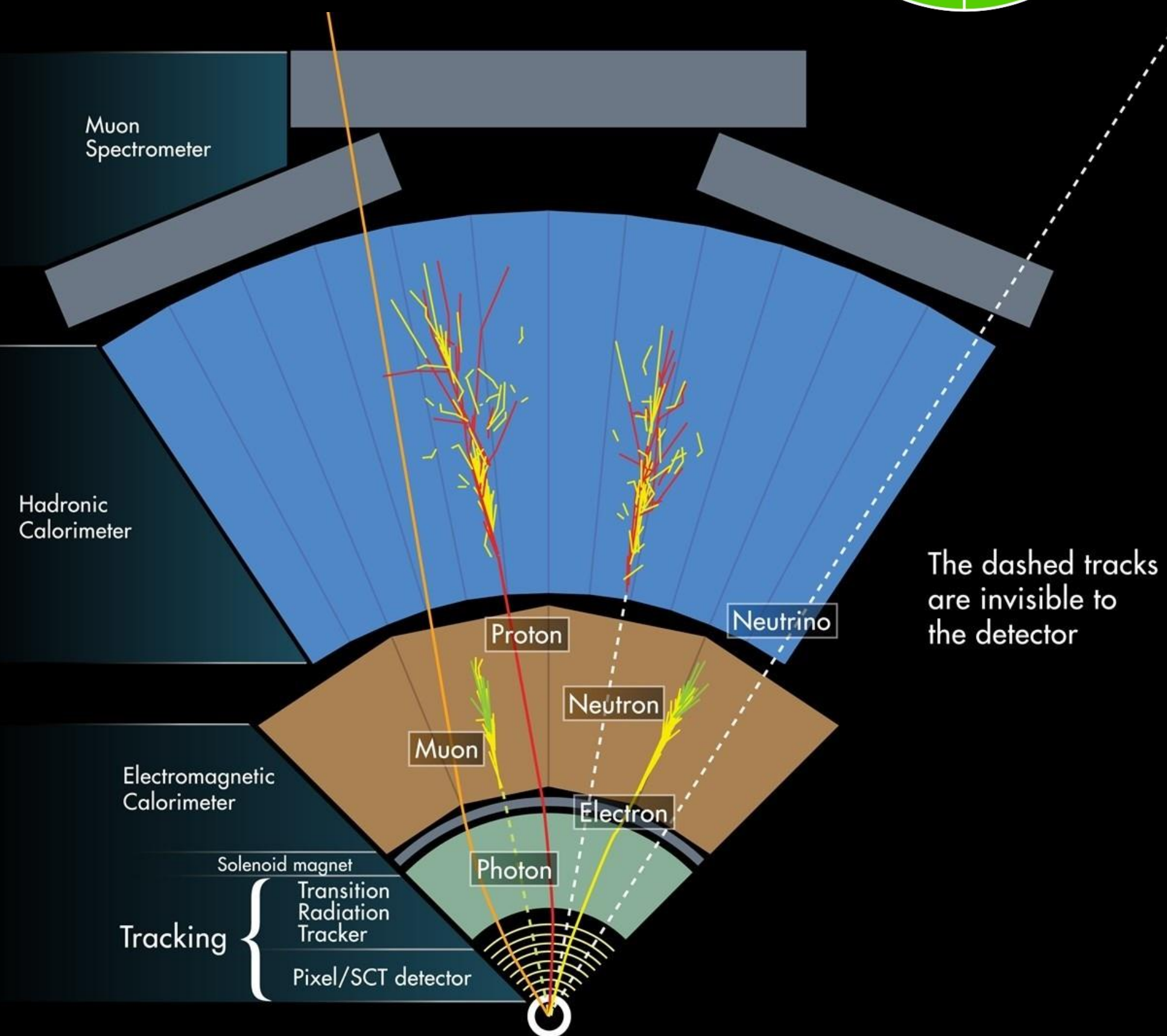
Electron
Muon
Tau

Neutrino

Higgs field

THE STANDARD MODEL

aims to explain what the universe is made of, and how most of its fundamental forces interact with tangible particles of matter.



Pranešimas parengtas remiantis šių mokslininkų pranešimais:

1. Dr. Claire Lee – taikomosios fizikos FERMILAB specialistė;
2. Julia Woithe Science Gateway Education;
3. Normunds Ralfs Strautnieks, Latvijos universitetas.

Priedai:

	masė → ≈2.3 MeV/c ²	≈1.275 GeV/c ²	≈173.07 GeV/c ²	0	≈126 GeV/c ²
krūvis → 2/3	u	c	t	g	H
sukinys → 1/2	kylantysis	žavusis	viršūninis	gliuonas	Higso bozonas
KVARKAI					
≈4.8 MeV/c ²	≈95 MeV/c ²	≈4.18 GeV/c ²	0		
-1/3	d	s	b	γ	
1/2	krintantysis	keistasis	gelminis	fotonas	
0.511 MeV/c ²	105.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²	91.2 GeV/c ²		
-1	e	μ	τ	Z	
1/2	elektronas	miuonas	taonas	Z bozonas	
LEPTONAI					
<2.2 eV/c ²	<0.17 MeV/c ²	<15.5 MeV/c ²	80.4 GeV/c ²		
0	ν _e	ν _μ	ν _τ	W	
1/2	elektroninis neutrinas	miuoninis neutrinas	tau neutrinas	W bozonas	BOZONAI

Elektrosilpnoji sąveika atsakinga už dalelių virsmus

