



Masterclass – Manaus - AM LISHEP 2015

Masterclass - Aprendendo a Trabalhar com os Dados do LHC/CERN

Marcia Begalli & Vitor Oguri
Isabella Ferreira, Mariana Soeiro
João Pedro G. Pinheiro
IF-UERJ



INTERNATIONAL MASTERCLASSES HANDS ON PARTICLE PHYSICS



★ O Masterclass é um evento promovido pelo CERN para alunos do Ensino Médio e iniciantes do curso de Graduação, ou seja, em sua maioria adolescentes, bem como para seus professores.

★ Dias especiais são dedicados aos Professores de Física (a pedido).

★ Consiste em explicar aos interessados a Física de Altas Energias, de forma introdutória, levando-os a analisar eventos reais registrados pelos experimentos do LHC, no CERN.



A **Organização Européia para a Pesquisa Nuclear**, conhecida como **CERN** (antigo acrônimo para *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) é o maior laboratório de física de partículas do mundo, localizado em Genebra, na fronteira Franco-Suíça.

- criado em 1954
- Vinte e um Estados membros
- efetivo de aproximadamente 2400 funcionários em tempo integral
- 11000 cientistas e engenheiros, representando 580 universidades e centros de pesquisa de 80 nacionalidades.

(dados de 2010)



Vista aérea do LHC, CERN

Circunferência = 27,4 km

CMS

LHCb

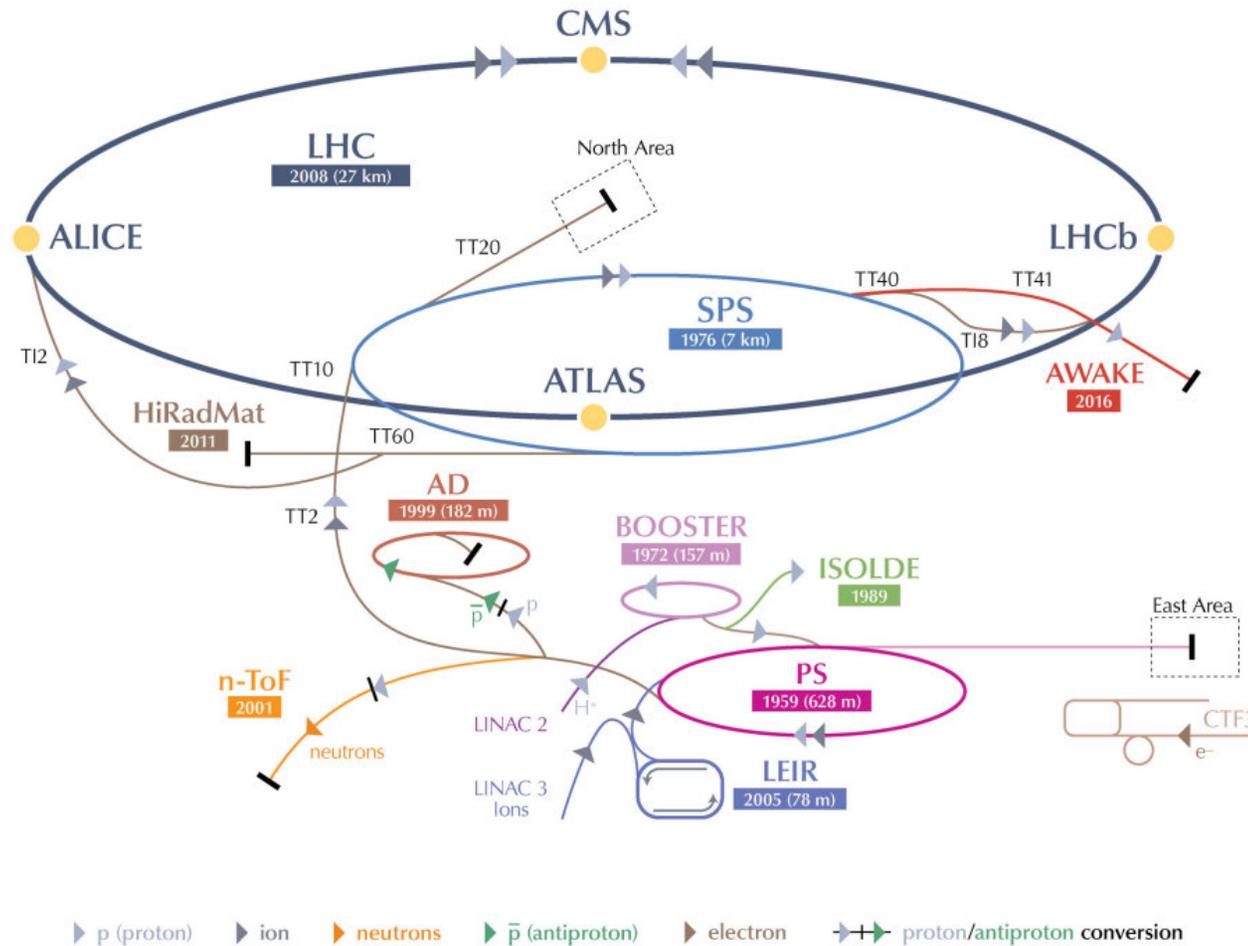
ALICE

ATLAS

CERN - Main Site



CERN's Accelerator Complex



LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron

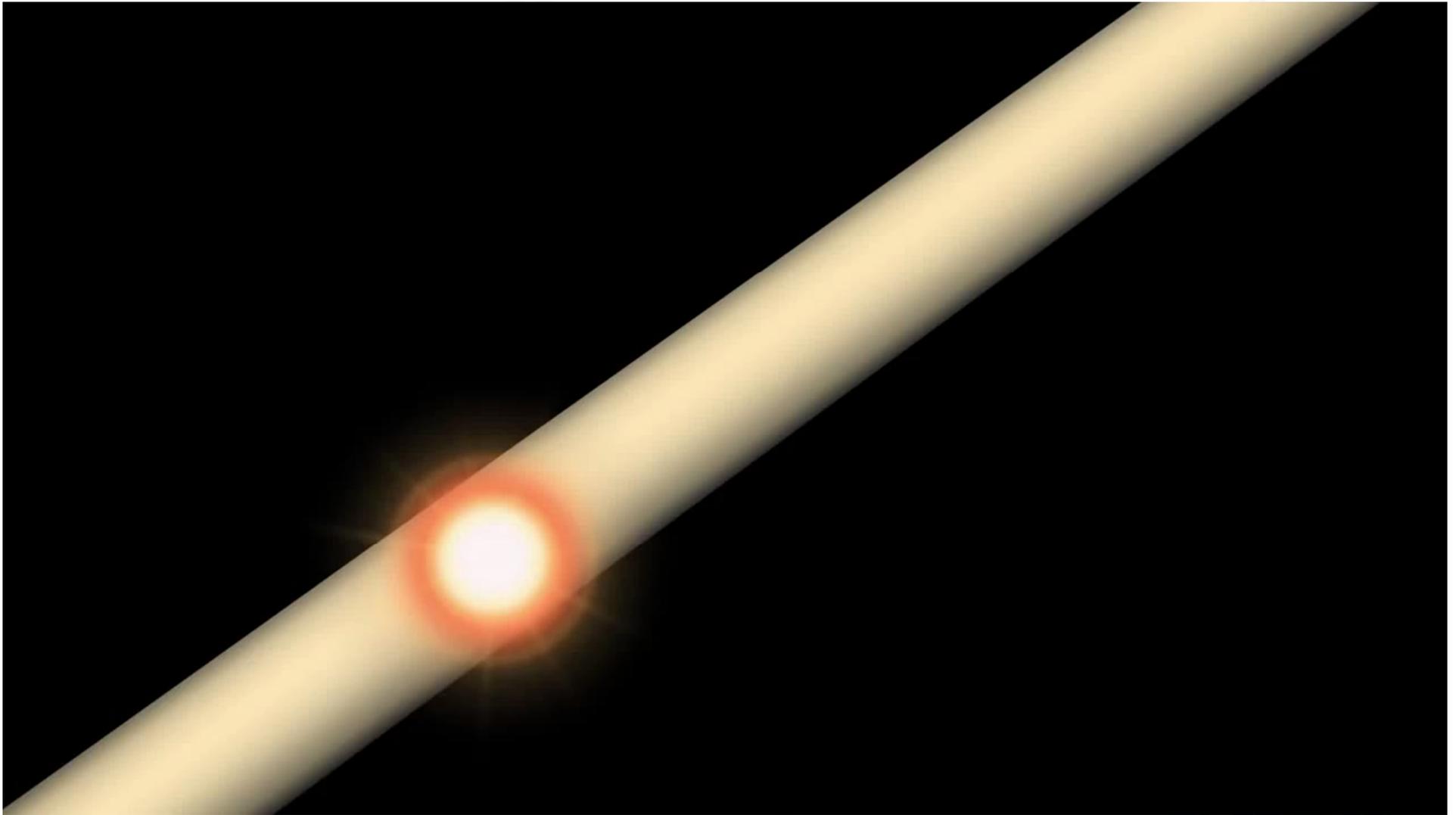
AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility AWAKE Advanced WAKEfield Experiment ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice

LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINear ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight HiRadMat High-Radiation to Materials



<https://www.youtube.com/watch?v=PJ2q8WUire0>

<https://www.youtube.com/watch?v=G4O3ciWHVc>



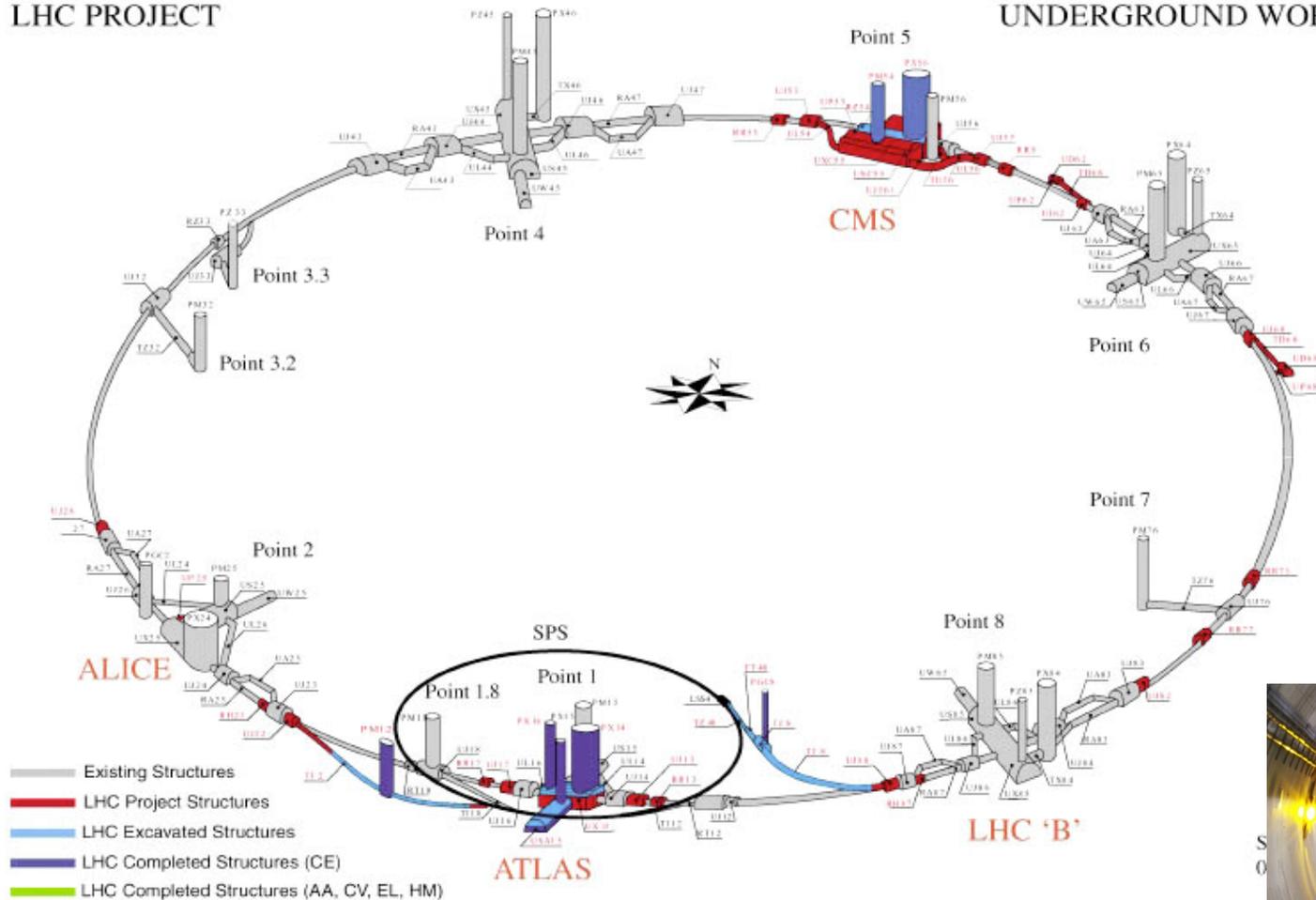
INTERNATIONAL
MASTERCLASSES
hands on particle physics

LHC (Large Hadron Collider)

Esquema da posição dos 4 experimentos no LHC:
ALICE, ATLAS, CMS, LHCb

LHC PROJECT

UNDERGROUND WORKS



IPPOG : The International Particle Physics Outreach Group

É uma rede de cientistas, professores de ciências e especialistas em comunicação, trabalhando em cooperação em várias partes do mundo em divulgação científica sobre Física de partículas.

Estados Unidos
Fermilab



Prof. Kenneth Cecire

Masterclass: Coordenação Geral



Dra. Uta Billow



Um breve histórico

- No início dos anos 90, Erik Johanson, da universidade de Estocolmo, desenvolveu o Hands on CERN, um curso para a graduação em Física onde os alunos analisavam os eventos do DELPHI.
- Final dos anos 90, o Reino Unido iniciou atividades envolvendo Física de Altas Energias para alunos do último ano do 2º grau e seus professores, chamadas de UK Masterclasses.
- 2005, o Ano Internacional da Física, o CERN inicia o Masterclass como um evento de toda a Comunidade Européia sob a coordenação do EPPOG.
- EPPOG (European Particle Physics Outreach Group) foi o grupo criado, em 1997, para a divulgação de Física de Altas Energias nos países membros do CERN.



Um breve histórico

- ➔ 200 instituições de pesquisa participam do Masterclass atualmente;
 - ➔ 2014: cerca de 10 000 alunos/participantes. Esse número cresce a cada ano.
 - ➔ 2011: EPPOG se torna IPPOG, o Masterclass se torna mundial. Reúne CERN, DESY, Fermilab, entre seus membros.
 - ➔ Brasil participa desde 2008:
 - 2008, 2009, 2010*, 2011 (Rio: UERJ, São Paulo: I FT-UNESP)
 - 2012 (Rio + Lavras: UERJ (+UFLA), São Paulo: I FT-UNESP)
 - 2013, 2014 (Rio: UERJ, São Paulo: I FT-UNESP, Curitiba; UFPR)
- * + Manaus, UFAM, indiretamente, por telefone



Organização das Atividades

- ➔ No CERN : 1 dia inteiro de colóquios e atividade experimental
Oferece almoço e “coffee breaks”.
Ao final do dia, reunião com outros institutos participantes, de diversos países.
- ➔ Em São Paulo : meio-dia + meio-dia de atividades (colóquios e experimental) devido ao fuso horário em relação ao CERN.
- ➔ No Rio : reuniões semanais, duração de tempo livre.
reunião com o CERN e os outros institutos usando video-conferência no dia estabelecido.



Organização das Atividades

- Minas Gerais : parte das atividades do Encontro Mineiro de Física (anual)
 - 1 tarde inteira (até ~20:00h) : apresentação e explicação
 - + 1 tarde inteira (até ~20:00h) : análise dos eventosNão quiseram participar da vídeo-conferência com o CERN e outros participantes internacionais.
- Em Natal : 2,5 dias de atividades para 2 grupos, separadamente (devido ao número de participantes) perfazendo 1 semana.
 - Reunião por vídeo-conferência com o CERN e outros participantes internacionais na segunda-feira seguinte
 - ➔ participantes tiveram todo o fim de semana para analisar os eventos.



Atividades

- ➔ Palestras introdutórias sobre Física das Partículas Elementares.
- ➔ Perguntas, discussões e dúvidas ➔ antes, durante, depois, **sempre**.
- ➔ Internet ➔ **indispensável**.
- ➔ Palestras sobre os dados a serem utilizados, bem como sobre o experimento onde foram obtidos.
- ➔ Análise dos eventos e discussão dos resultados obtidos.



Organização

- ➔ O elemento principal do Masterclass é a reunião com videoconferência envolvendo o CERN, ou o Fermilab, e outros institutos participantes. Dado o grande número de universidades envolvidas, tal atividade é desenvolvida em vários dias. Em 2015, foi realizado no período 25.02.15-02.04.15.
- ➔ O número de institutos participantes por dia varia entre 5 e 8, que é o máximo de conexões que o Vydio (programa utilizado para videoconferência) suporta. Esse é o mesmo programa utilizado pelos experimentos do LHC.
- ➔ Essa reunião pode ser conjunta, alunos e professores, ou pode-se requisitar um dia especial para os professores.



Video-conferencia (Brasil)

Calendário 2015

- ➔ Rio de Janeiro, UERJ
com o CERN: 1 de abril, ATLAS Z0
com o Fermilab, 27 de março, CMS.
- ➔ São Paulo, I FT-UNESP, UFABC
com o CERN: 6 de março, CMS.
11 de março, CMS.
24 de março, CMS.
- ➔ São Paulo, USP
com o CERN: 27 de março, ALICE.
- ➔ Natal, UFRN
com o CERN: 23 de março, ATLAS.
- ➔ São João del Rei, UFSJ
com o CERN: 25 de março, ATLAS.



A Internet

- ➡ Toda informação sobre o Masterclass pode ser encontrada na internet.

<http://www.physicsmasterclasses.org/>

<https://quarknet.i2u2.org/>

- ➡ Várias informações sobre Física de Altas Energias podem ser encontradas nos *links* das páginas do Masterclass.
- ➡ Dado o carácter internacional do evento, essas informações são dadas em várias linguas.

Não é necessário saber inglês para participar do Masterclass !



Tópicos que podem ser estudados no Masterclass

- ➔ ATLAS: $Z0$ + Higgs
- ➔ ATLAS: W (+ Higgs)
- ➔ CMS: $Z0$ + W + Higgs
- ➔ CMS: J/ψ
- ➔ ALICE: partículas estranhas
- ➔ LHCb: medida da vida média do méson $D0$

- ➔ (UERJ) Escolhemos $Z0$: ATLAS $Z0$ + Higgs, CMS $Z0+W$ + Higgs

- ➔ Os outros tópicos podem ser desenvolvidos ao longo do ano e discutidos na video-conferência do ano seguinte, se assim se desejar.

O Masterclass é uma atividade que pode ser desenvolvida durante o ano todo dentro de cada instituição.



UERJ → Porque 2 experimentos:

- ❑ Normalmente, cada instituição escolhe 1 experimento para analisar no Masterclass
- ❑ ATLAS foi o primeiro experimento do LHC a disponibilizar dados para o Masterclass (2011, antes analisávamos eventos do DELPHI, um dos experimentos do LEP, o acelerador anterior ao LHC)
- ❑ O grupo liderado pelo Prof. Alberto Santoro, na UERJ, participa do experimento CMS



ATLAS e CMS são experimentos de propósito geral, ou seja, estudam todos os tópicos de Física acessíveis na energia de centro de massa do LHC.



O experimento CMS

Comprimento: 28,7 m
Altura: 15 m
Peso: 14.000 toneladas
Canais - eletrônica:
~100 milhões

STEEL RETURN YOKE
12,500 tonnes

Detectores de Traços

Solenóide supercondutor

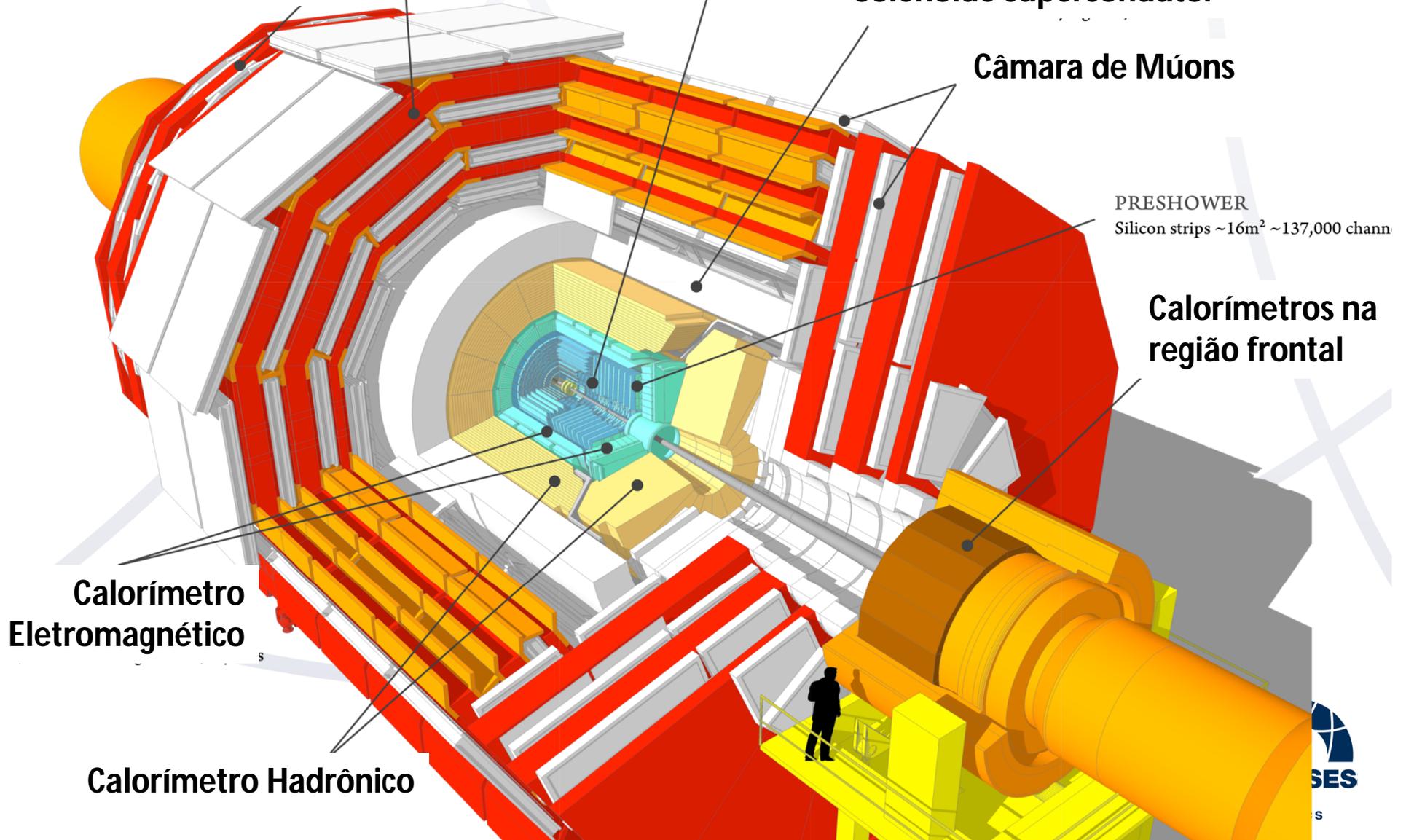
Câmara de Múons

PRESHOWER
Silicon strips ~16m² ~137,000 chann

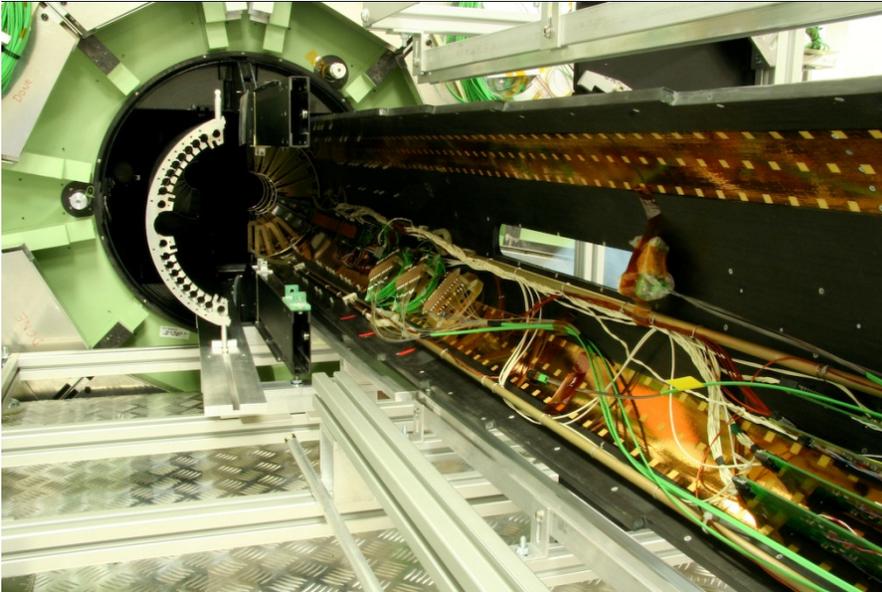
Calorímetros na
região frontal

Calorímetro
Eletromagnético

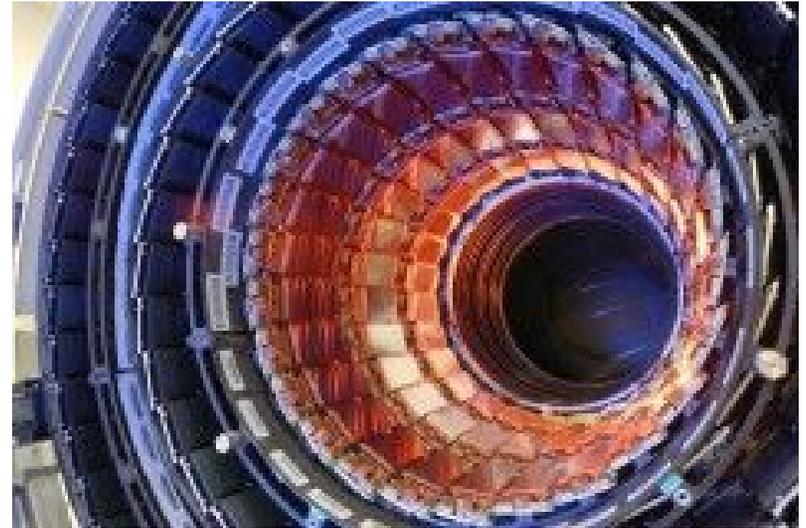
Calorímetro Hadrônico



Pixels de silício



Detectores de Traços

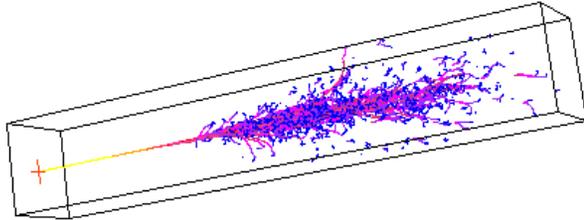


Tiras de silício

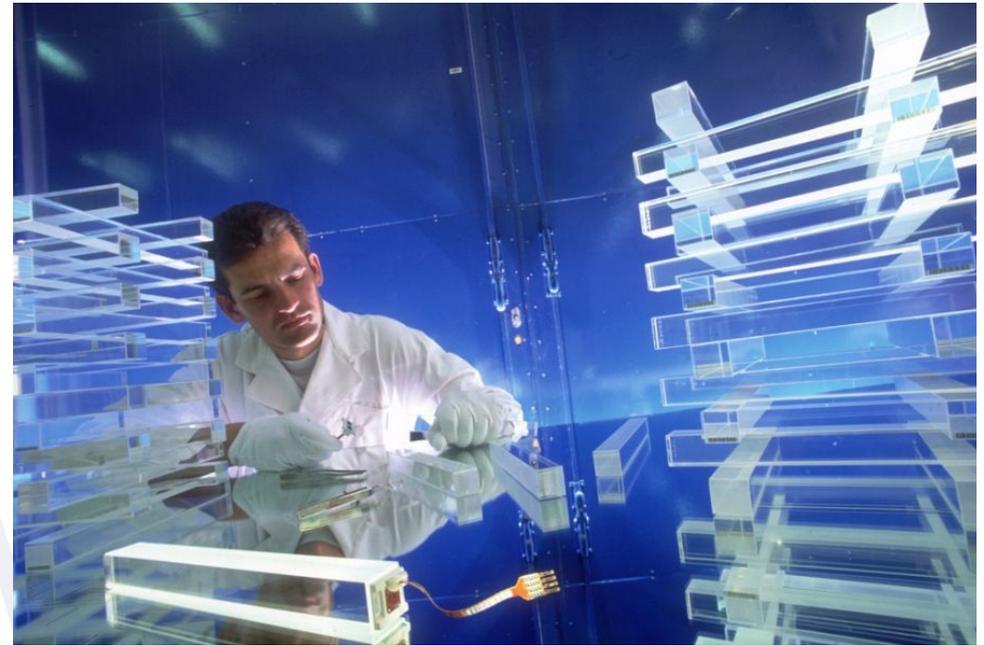
- detectam partículas com carga elétrica,
- medem as suas posições em função do tempo.
- estão envolvidos por um campo magnético homogêneo → as trajetórias são defletidas pela ação deste campo.
- a reconstrução da curvatura da trajetória permite calcular o momento linear da partícula e determinar a sua carga eléctrica.
- A interação entre as partículas produzidas na colisão e o material dos detectores de traços é muito pequena, assim as partículas depositam nestes detectores pouquíssima energia.

Calorímetro Eletromagnético

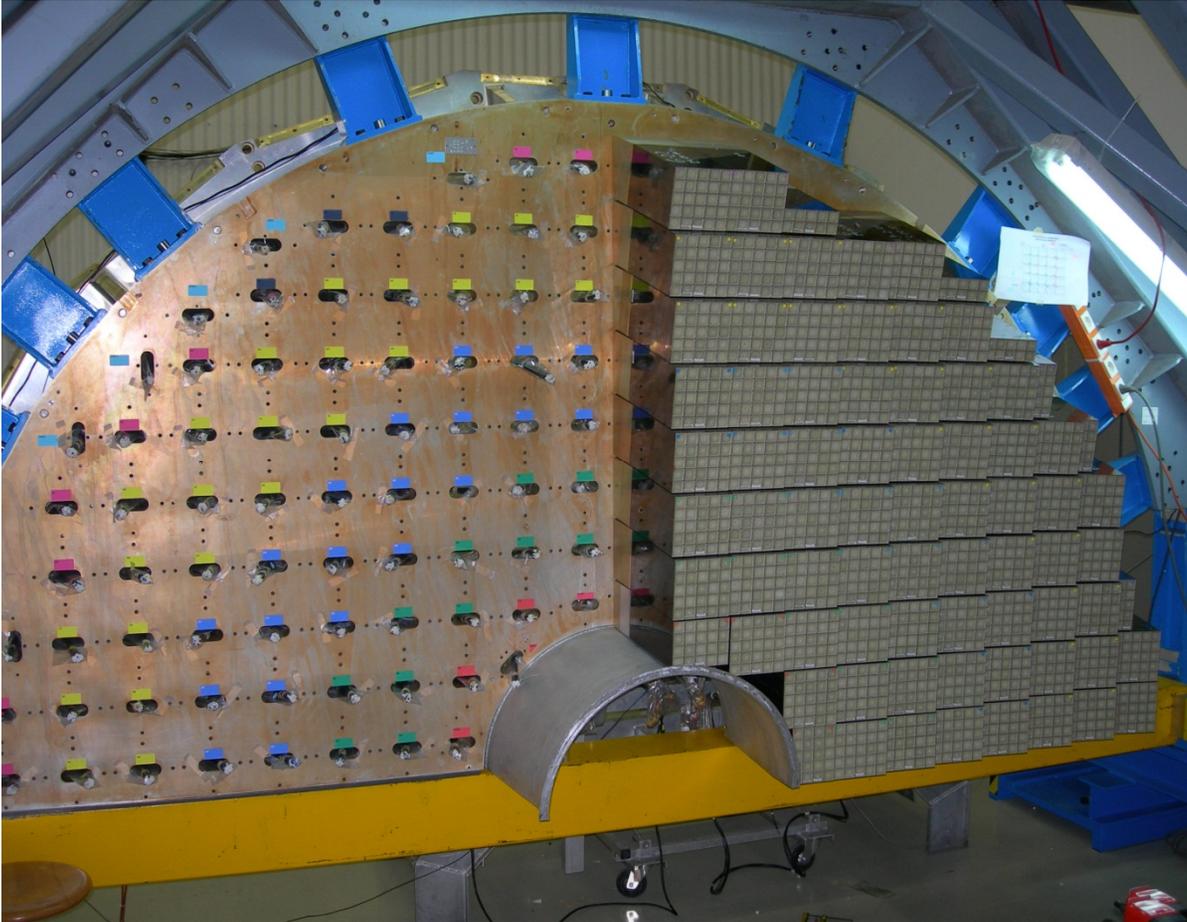
PbWO₄ – tungstato de chumbo



Esquema de um elétron interagindo dentro de um dos blocos do calorímetro



- ➔ Onde são detectadas as partículas e anti-partículas que interagem com a matéria maioritariamente através da interação eletromagnética ➔ fótons, elétrons e pósitrons
- ➔ praticamente toda a energia destas partículas e anti-partículas é absorvida pelo calorímetro eletromagnético e transformada num sinal eletrônico.
- ➔ a intensidade do sinal é uma medida da energia da partícula, que é totalmente absorvida no detector.



CMS

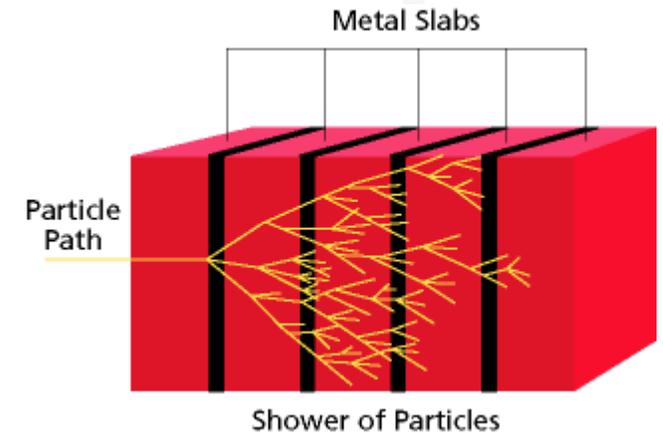
*Calorímetro eletromagnético
sendo montado em uma das
tampas na região frontal do
detector*



Calorímetro Hadrônico



Esquema da interação de um hádron no calorímetro hadrônico



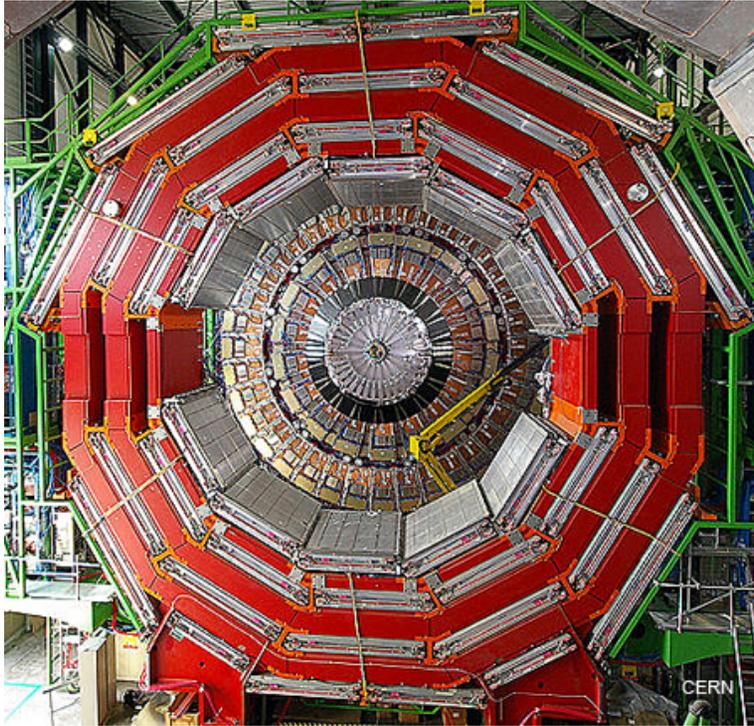
- ➔ Onde são detectadas as partículas que interagem majoritariamente através da interação forte, como as partículas constituídas por quarks e/ou antiquarks, por exemplo os prótons e nêutrons.
- ➔ praticamente toda a energia destas partículas e antipartículas é absorvida pelo calorímetro hadrônico e transformada num sinal eletrônico. (similar ao EM)
- ➔ a intensidade do sinal é uma medida da energia da partícula, que é totalmente absorvida no detector. (similar ao EM)

Magneto



- Curva a trajetória das partículas carregadas, permitindo medir seu momento (e energia);
- Envolve os calorímetros e o detector de trajetórias;
- As Câmaras de Múons estão sobre ele;
- É um solenóide supercondutor.
- Campo magnético de ~ 4 Tesla.





Câmara de Múons

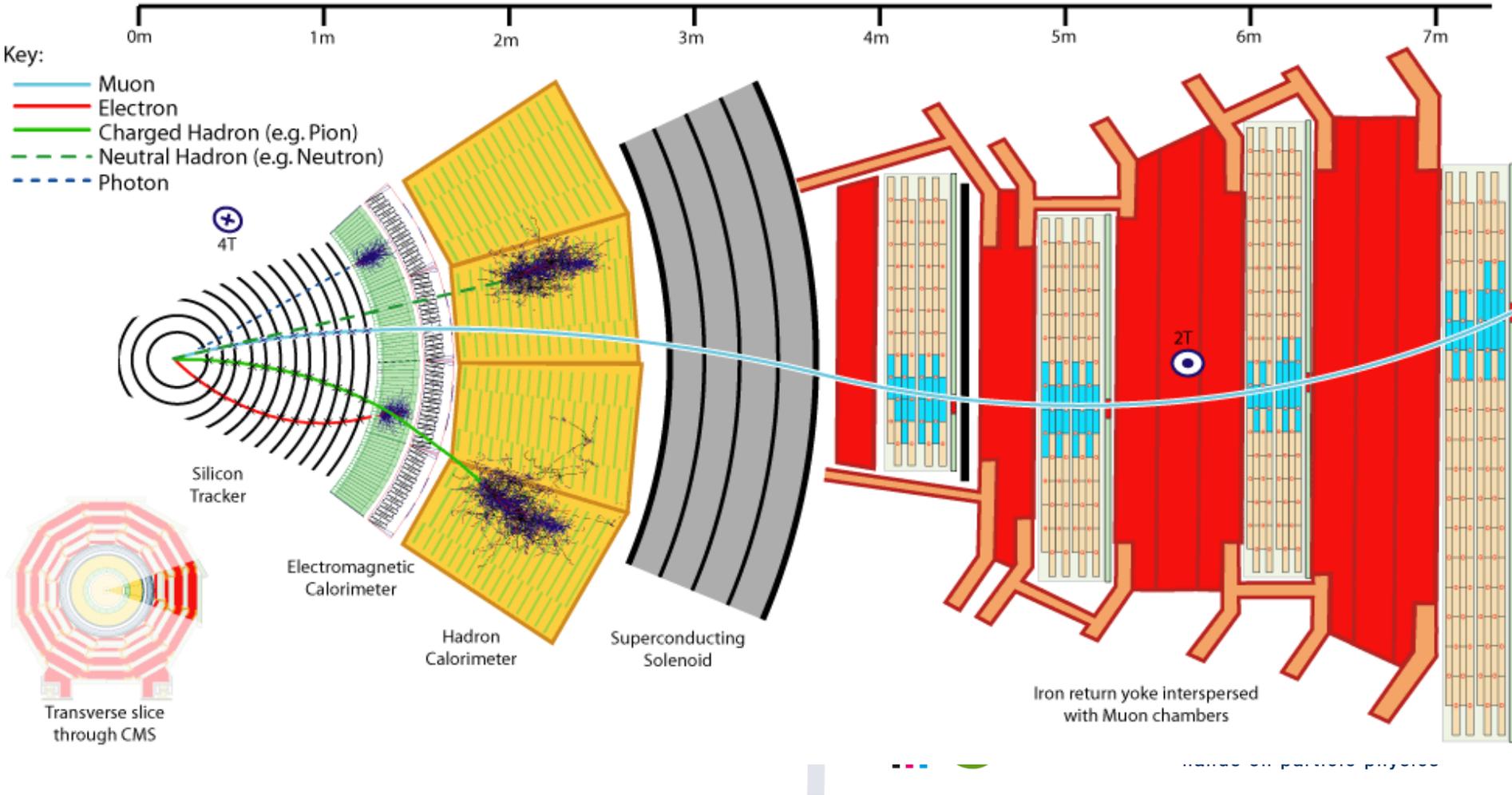
múons depositam uma pequena fração da sua energia nos calorímetros,

são as únicas partículas que atravessam todas as camadas do Detector CMS.

- estão colocados na camada exterior do CMS,
- são constituídas por milhares de longos tubos cheios de gás, com um fio longitudinal no centro de cada tubo.
- quando um múon passa através do tubo, ioniza o gás libertando elétrons, criando íons positivos, que se deslocam para o fio e para a parede do tubo devido a uma grande diferença de potencial elétrico entre o tubo e o fio, criando assim um sinal elétrico mensurável.

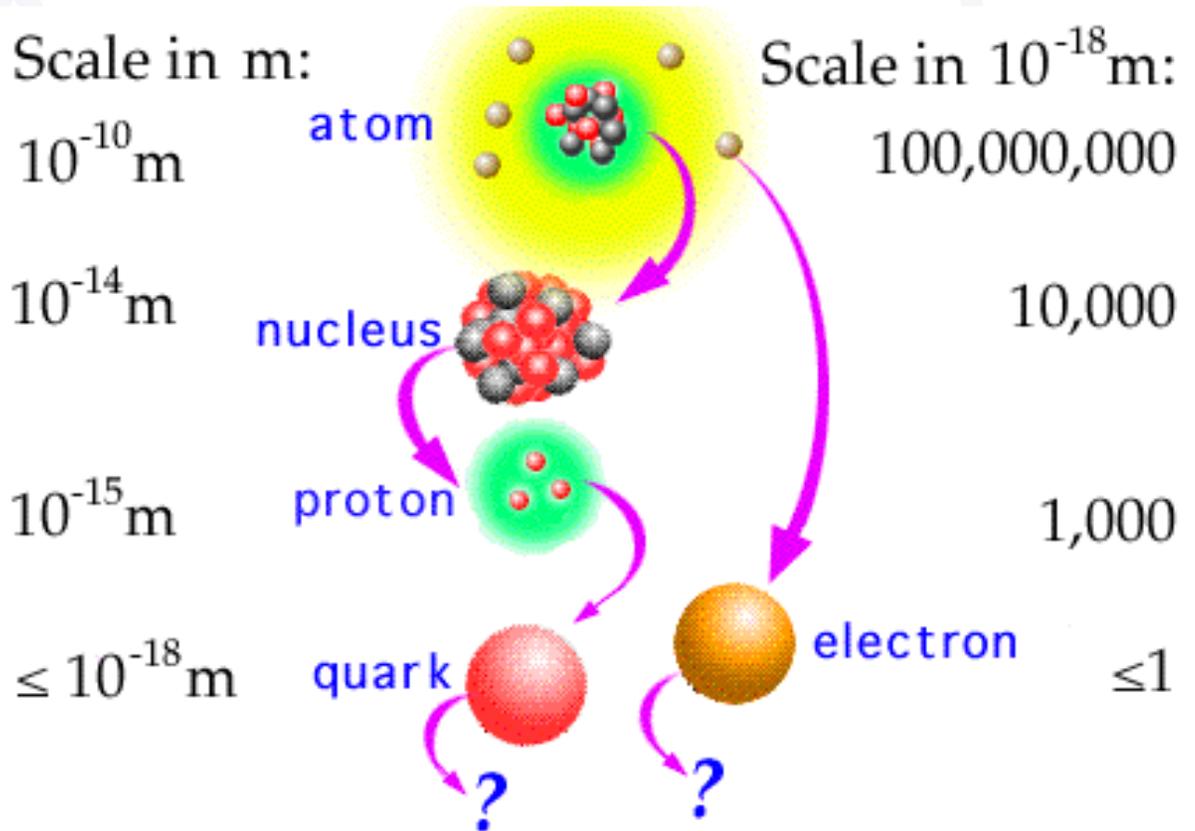


As interações das partículas com diferentes partes do Detector CMS



O que são o Z0 e o W?

- ★ Do conhecimento que temos atualmente, a matéria é formada por átomos, que possuem um núcleo (formado por prótons e neutrons) rodeado por elétrons. Esses prótons e neutrons são, por sua vez, formados por quarks.



O que são o Z0 e o W?

- ★ Existem 6 quarks e 6 léptons, organizados em 3 famílias cada.
- ★ Léptons podem ter carga elétrica ou serem neutros (neutrinos).
- ★ Quarks possuem carga elétrica fracionária.
- ★ A interação entre quarks, entre léptons e entre quarks e léptons se dá através de mediadores.
- ★ O Z0 é um desses mediadores, neutro eletricamente. Outro mediador é o W, que possui carga elétrica, e participa do mesmo tipo de interações que o Z0.

