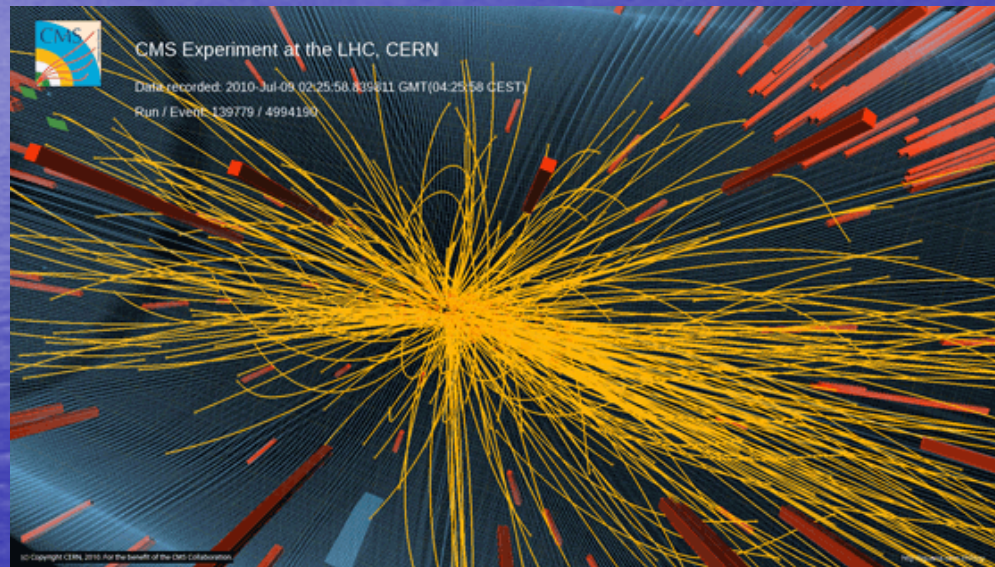
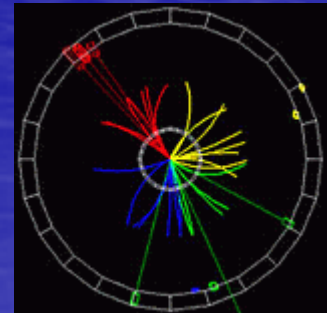


Rivelazione di particelle

Incontro con gli studenti di Ingegneria Energetica



roberto spighi, Bologna 22 maggio 2012



Indice

Stato attuale sulla conoscenza delle particelle

Questioni aperte

Rivelazione delle particelle

I costituenti fondamentali

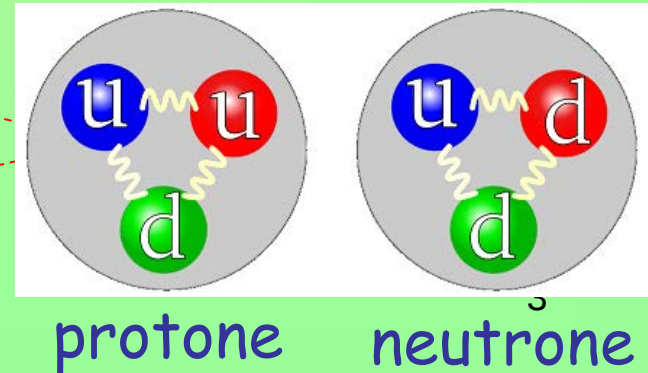
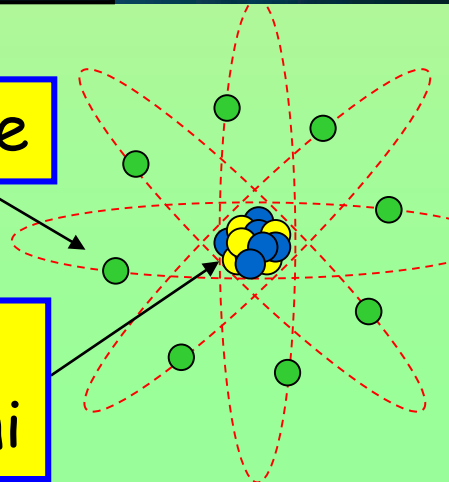
- ❑ **Modello Standard:** 6 quark + 6 leptoni (+ antiparticelle)
- ❑ tutte generate da poche particelle elementari
- ❑ le altre → ruolo fondamentale nella formazione Universo

Quark		Leptoni	
 up	 down	 e - neutrino	 electron
 charm	 strange	 μ - neutrino	 muon
 top	 bottom	 τ - neutrino	 tau

Formano tutta la materia

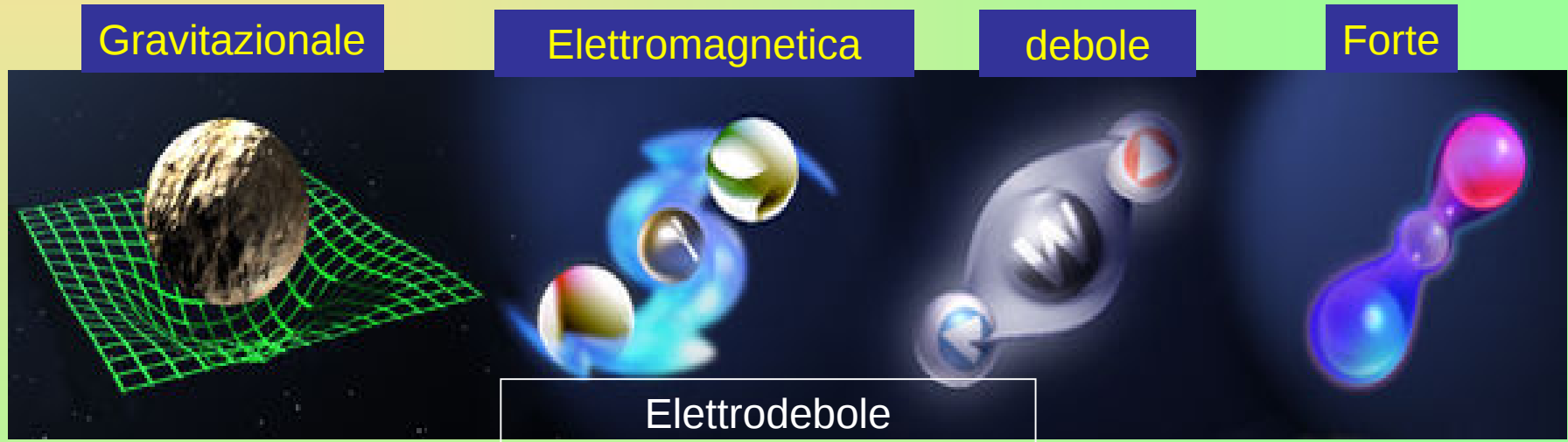
elettrone

Protoni
neutroni



Le quattro forze

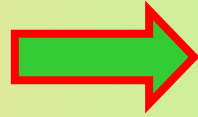
particelle si legano tra loro attraverso le 4 interazioni (forze)



Forza	Intensità relativa	Particelle scambiate	Dove
forte	~ 1	gluone	nuclei
elettromagnetica	$\sim 10^{-3}$	fotone	atomo
debole	$\sim 10^{-5}$	W,Z	Sole,dec radiativo
gravitazionale	$\sim 10^{-38}$	gravitone	Corpi macroscopici

Cosa cerchiamo? Questioni aperte

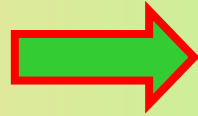
origine della massa
delle particelle



Bosone di Higgs

higgs

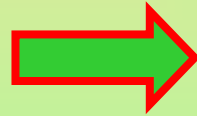
Materia oscura
dell'Universo, GUT



Supersimmetria

SSim

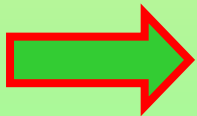
L'Universo alla nascita



Plasma

plasma

L'Universo composto
di sola materia

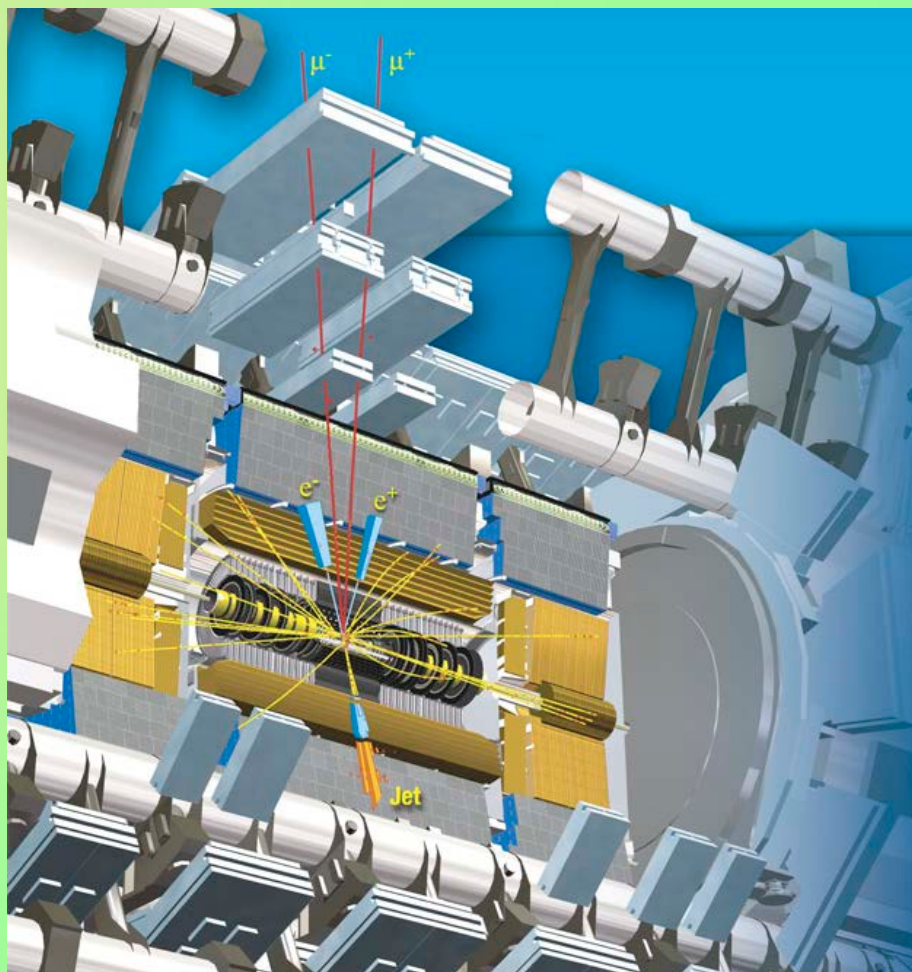
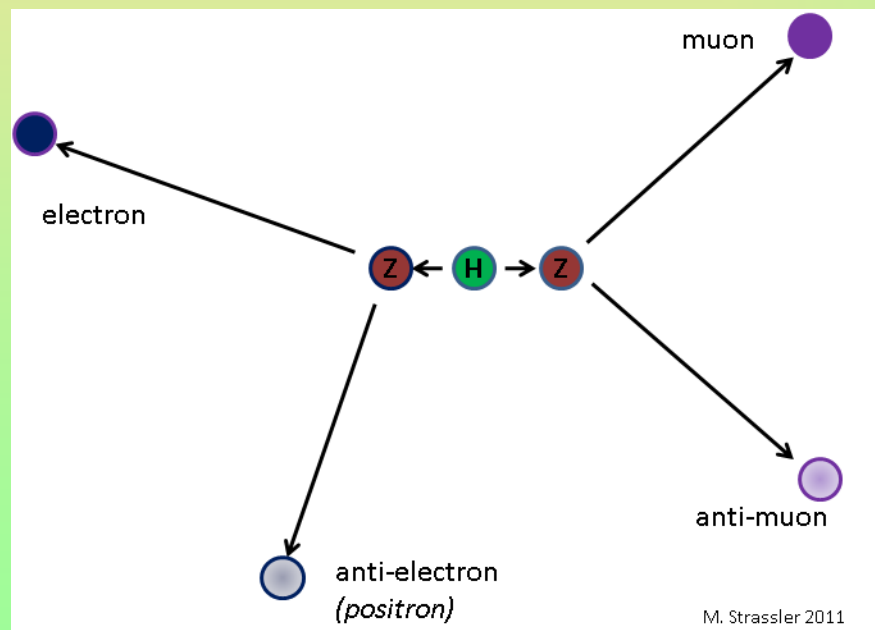


Simmetria
materia/antimateria

CP

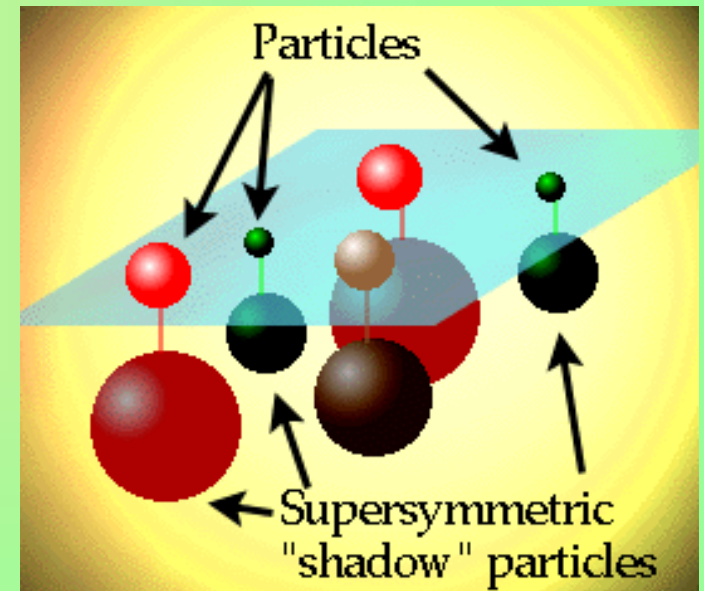
LHC

Ricerca di eventi con determinate caratteristiche



back

Osservazioni astronomiche dicono che la materia visibile è una piccola parte di quella presente nell'Universo.
La materia mancante non emette luce e per questo motivo è detta "**materia oscura**".

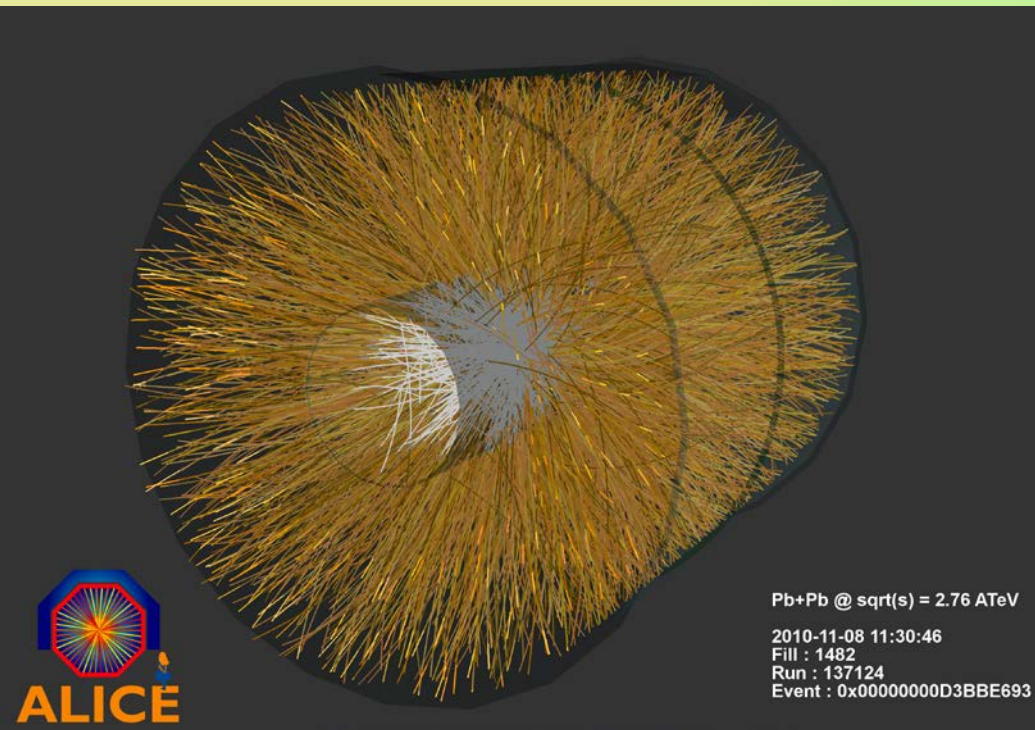


Questa materia non è di tipo "ordinario", potrebbe essere composta dalla particella supersimmetrica più leggera, sopravvissuta dai tempi del Big Bang

[back](#)

Cercare di riprodurre i primi istanti del big-bang

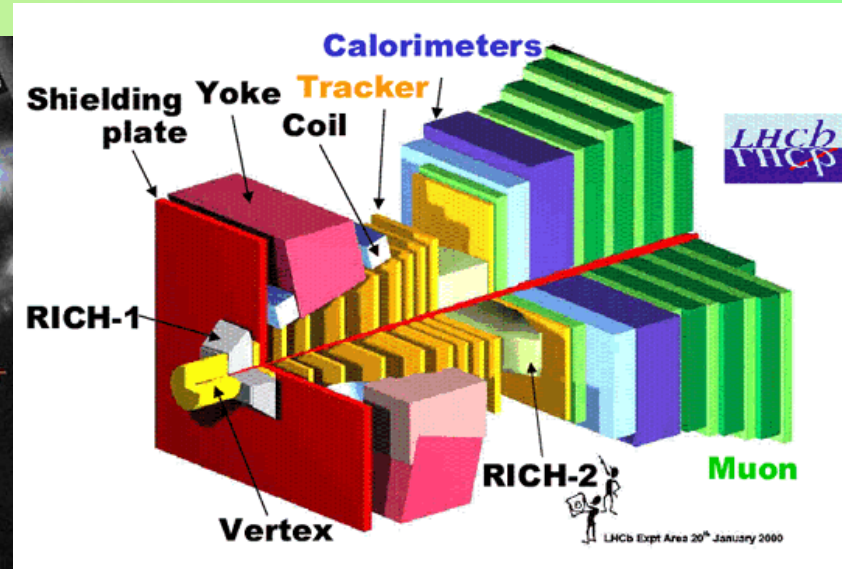
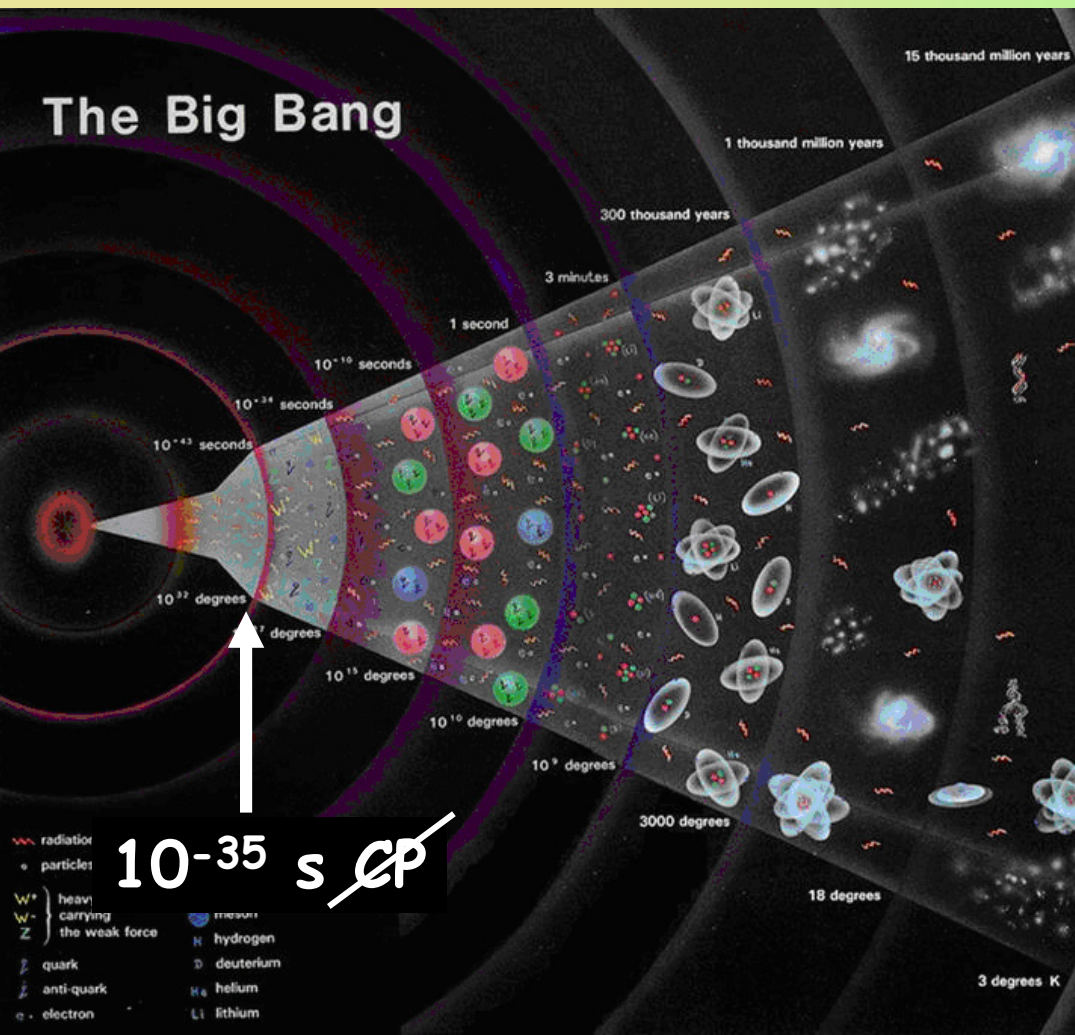
- o Altissima densità di energia
- o Esperimento Alice $\rightarrow$ urti ione - ione



back

Violazione di alcune simmetrie (CP)

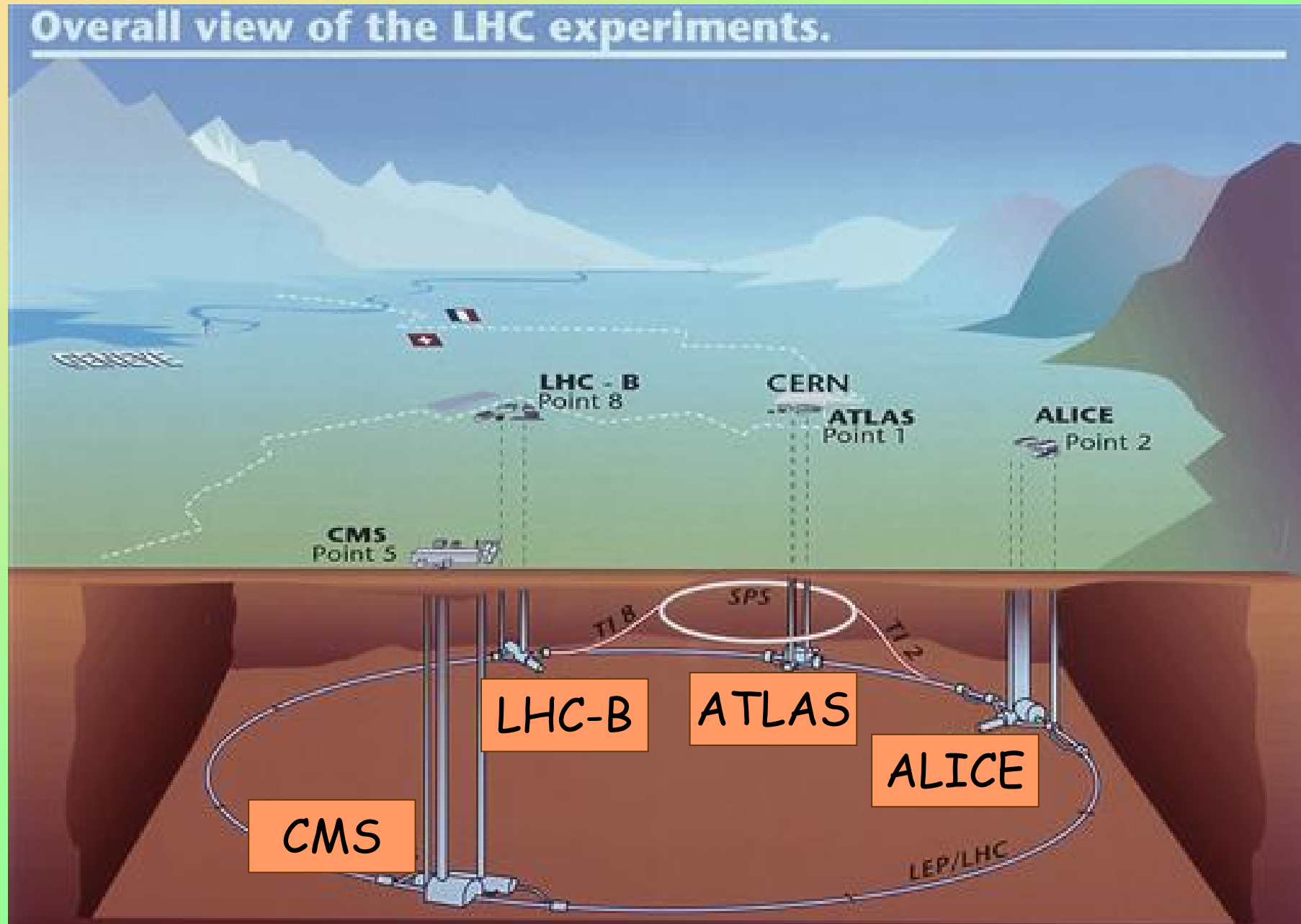
- o Fenomeni che privilegiano la materia sull'antimateria
- o Esperimento LHCb



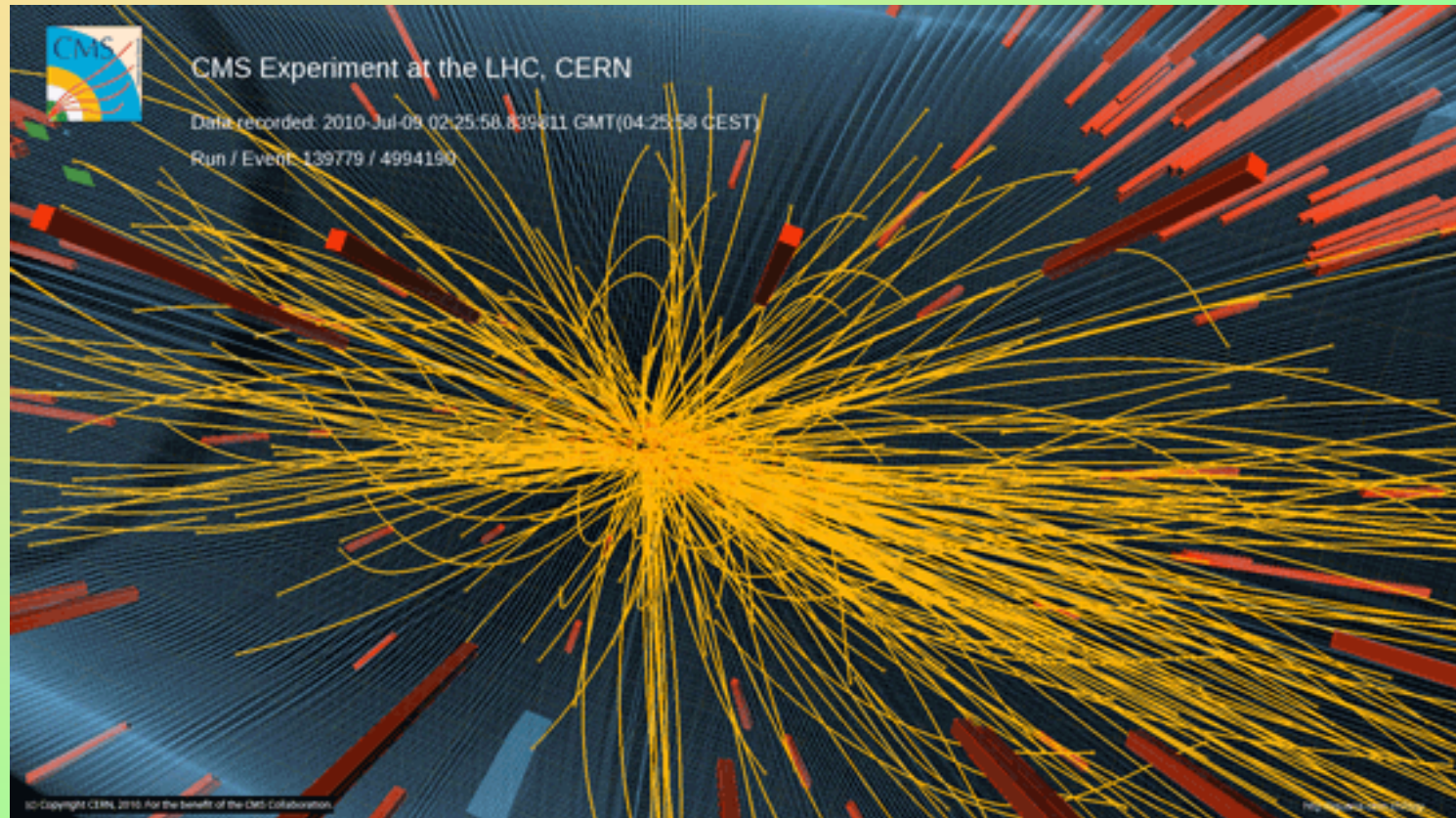
back

I 4 esperimenti di LHC

Overall view of the LHC experiments.



UN URTO AD LHC



Centinaio di particelle prodotte: **ricostruirle** e **riconoscerle**

- ❑ apparati molto grandi → separo le varie particelle
- ❑ struttura a "cipolla" → in ogni strato lasciano un segnale

rivelatori di particelle

Cosa dobbiamo sapere di ogni particella?

TUTTO !!

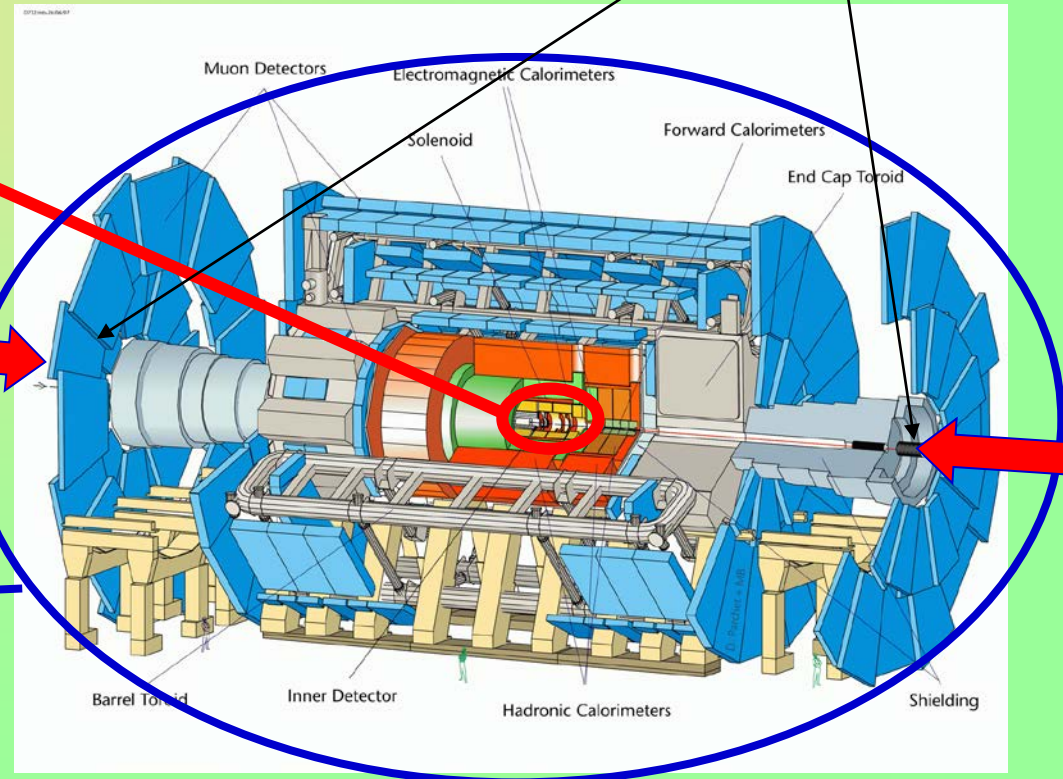
cinematica → tracciatori

- ☐ Posizione
- ☐ Direzione del moto
- ☐ Energia/impulso
- ☐ tempo di vita

Identificazione

- ☐ Tipo di particella

Beam pipe e
protoni



impulso

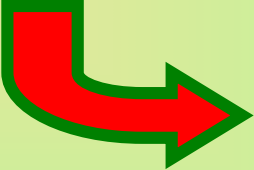
identificazione

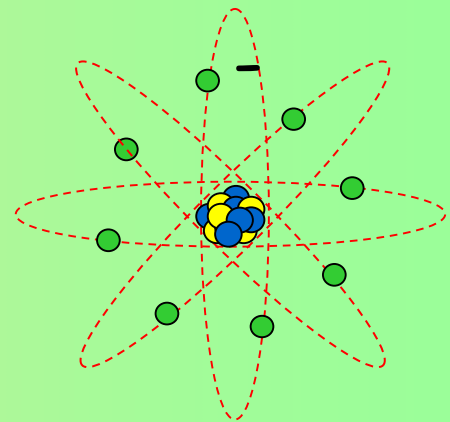
evento

Tracciatori e rivelatori di vertice

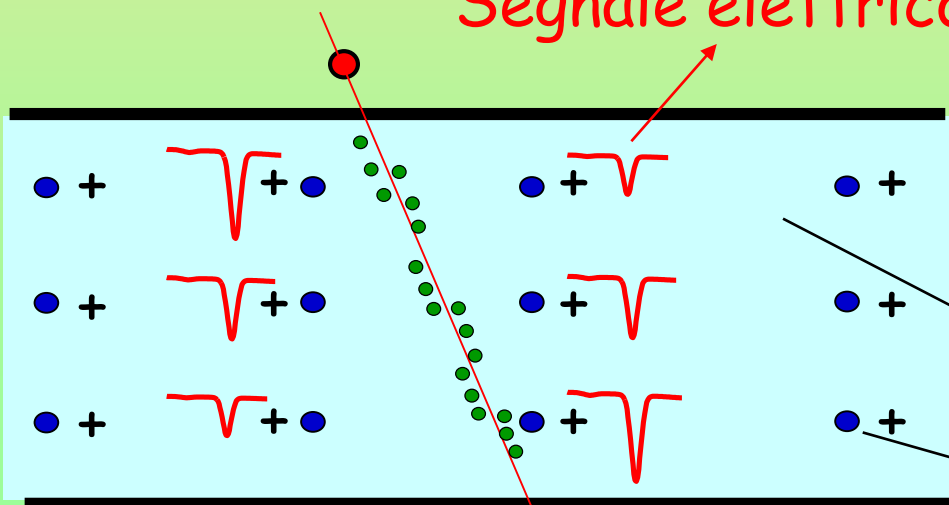
la rivelazione delle particelle si basa sugli effetti prodotti dal loro passaggio nella materia

Particelle cariche: se attraversano un mezzo incontrano atomi $\rightarrow$ forza di Coulomb

 Ionizzano



Segnale elettrico

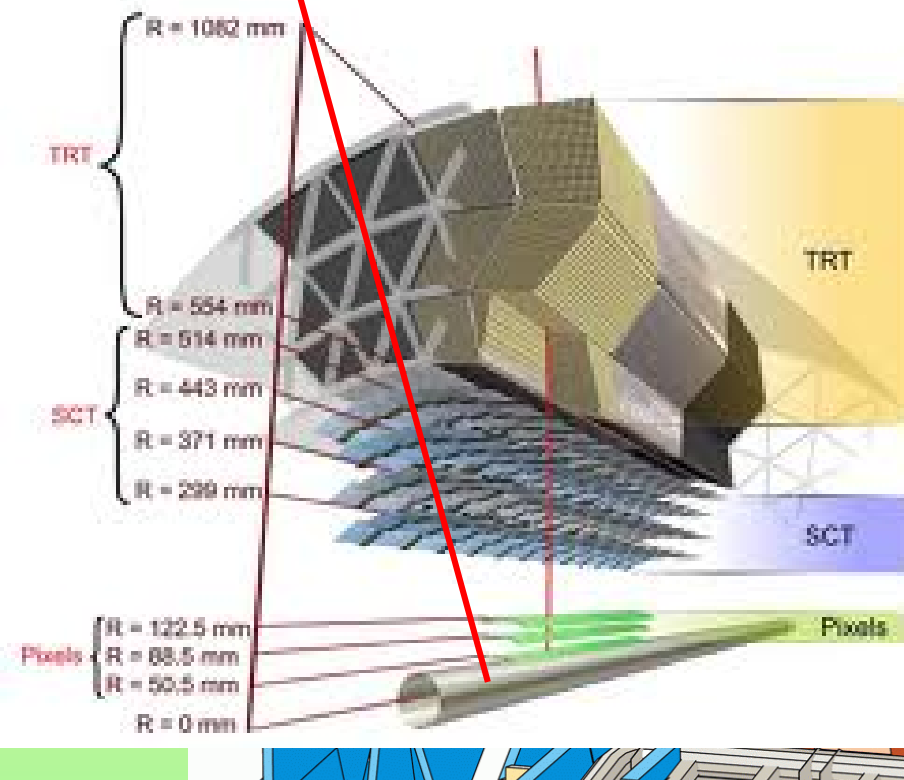


Mezzo (gas o anche solido)

Filo carico +

Ricostruita la traiettoria della particella

ATLAS: Tracciatori e rivelatori di vertice



magnetic Calorimeters

Camere a drift

oid

meters

End Cap Toroid

Rivelatori Si a semi-conduttore

Strip

$80 \mu\text{m} \times 6.4 \text{ cm}$

Pixel

$50 \times 400 \mu\text{m}$

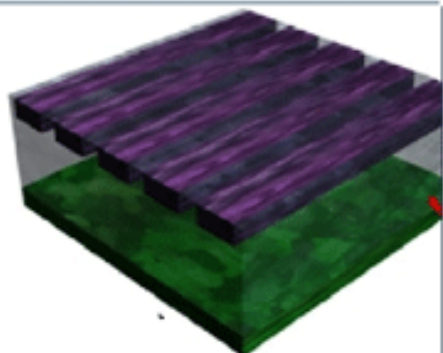
~80 milioni di pixels

Tracce distinte fino a 0.2 mm

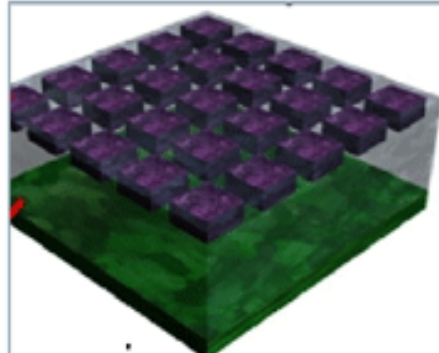
Hadronic Calorimeters

Shielding

Precisione sul vertice = $15 \mu\text{m}$



single sided strip detector



pixel detector

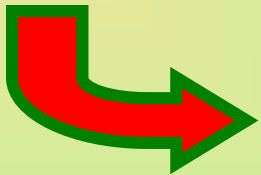
Misura dell'impulso (o quantità di moto)

rivelazione

Fatto dal tracciatore con il campo magnetico

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

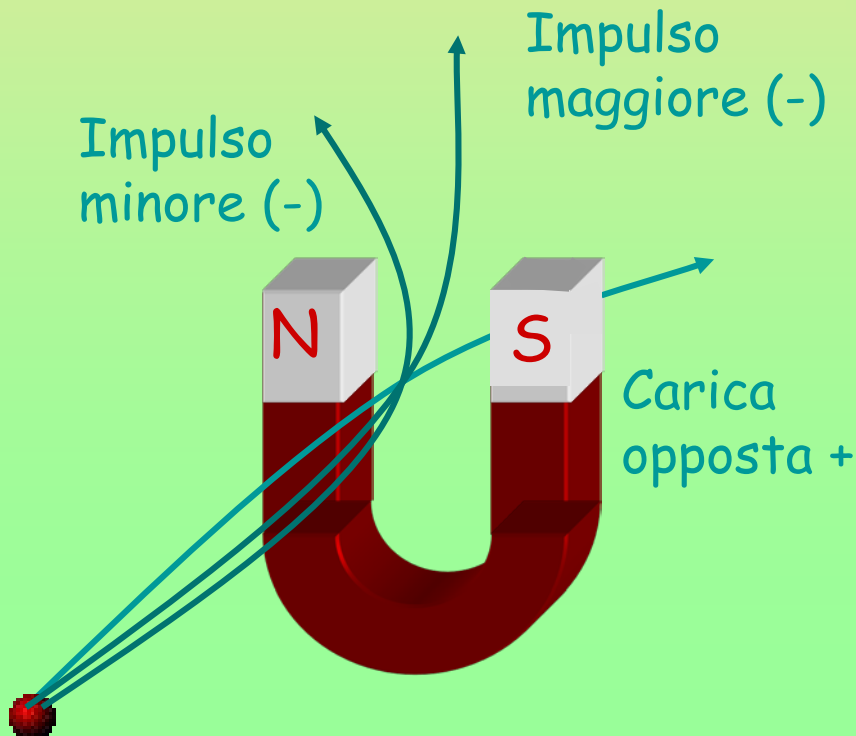
Forza di lorentz: tra una carica ed un campo magnetico si esercita una forza


$$r = \frac{mv}{qB}$$

Raggio di curvatura

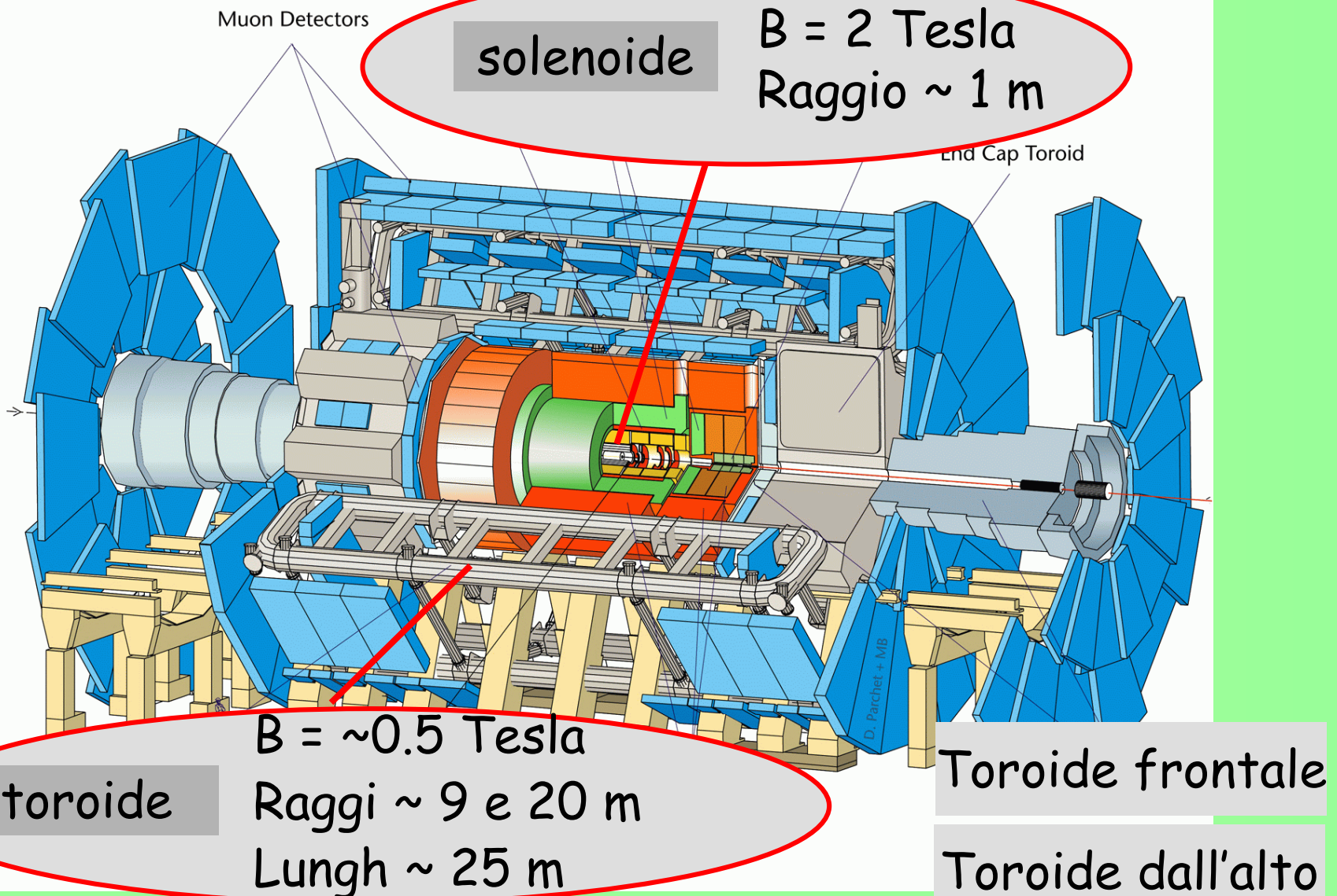


modulo dell'impulso
 mv e la carica q



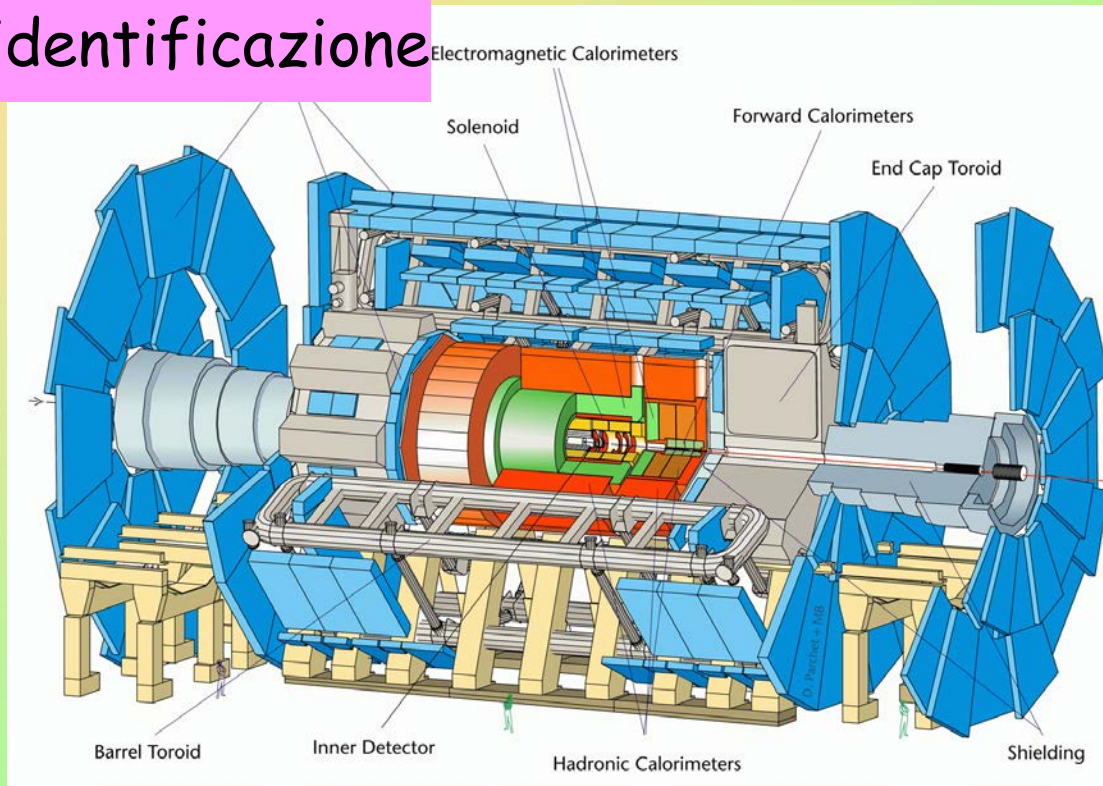
I magneti superconduttori di ATLAS

D712/mb-26/06/97



Il riconoscimento delle particelle

identificazione



Parte interna dedicata
al tracciamento

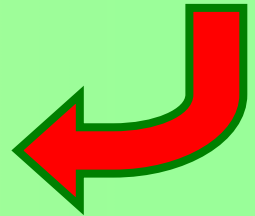


Particella viaggia
~ indisturbata

Parte esterna dedicata
al riconoscimento (ed
anche al tracciamento)

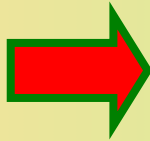
Particelle ~ "distrutte"
→ collidono con materiali
densi

- ☐ Calorimetri
 - ☐ Elettromagnetico
 - ☐ Adronico
- ☐ Rivelatori di muoni

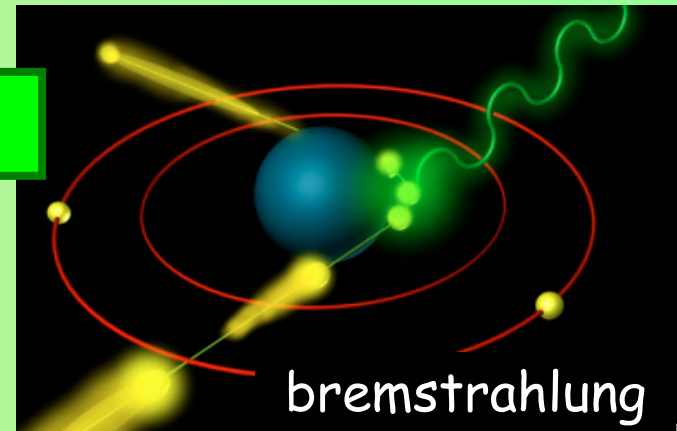


Il calorimetro elettromagnetico

Calorimetri



riconoscere $e^\pm, \gamma$

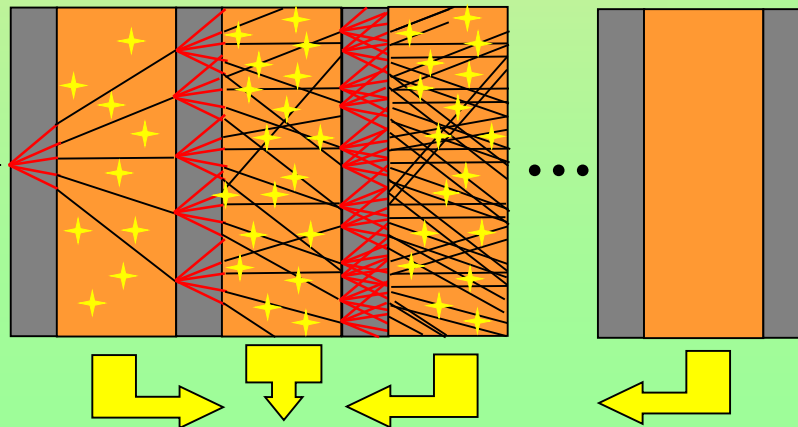


strati di materiale denso alternati a strati di rivelatore di $\gamma \rightarrow$ effetto a catena (sciame em) $\rightarrow$ particelle perdono energia $\rightarrow$ sciame si esaurisce

$e^\pm, \gamma$

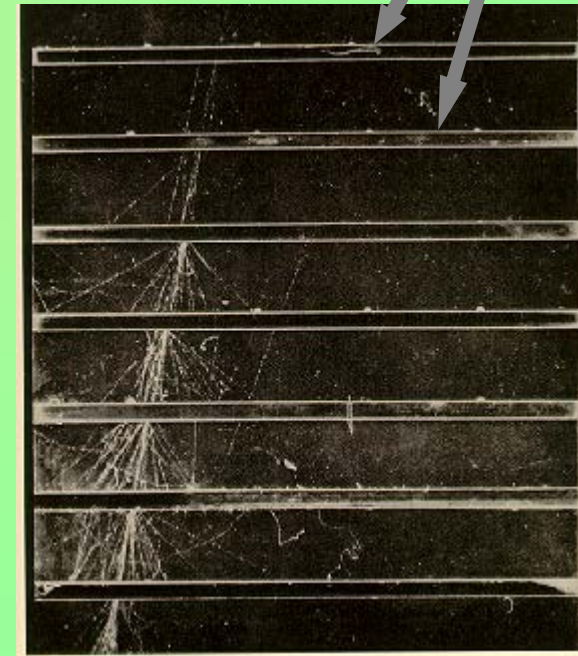
Pb

scintillatore



Raccolta la luce $\approx$ energia
particella iniziale

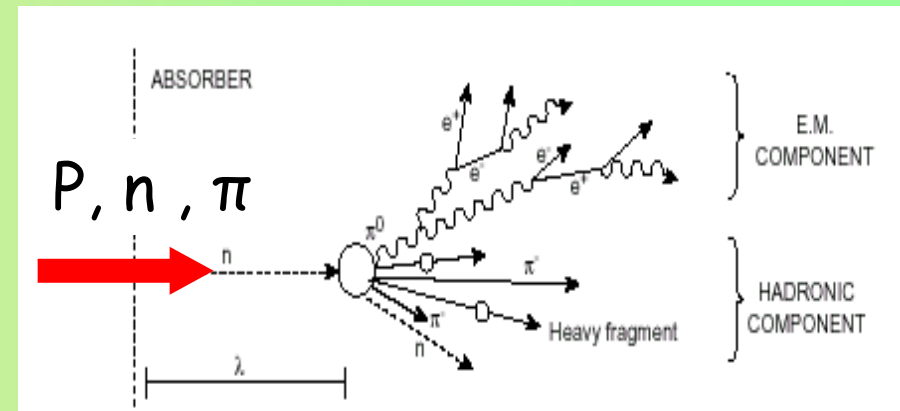
Piombo



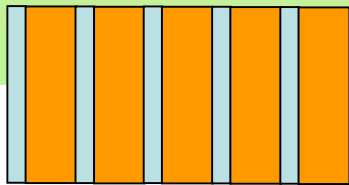
Il calorimetro adronico

Riconoscere p , n e π (protoni, neutroni, pioni) e misura energia

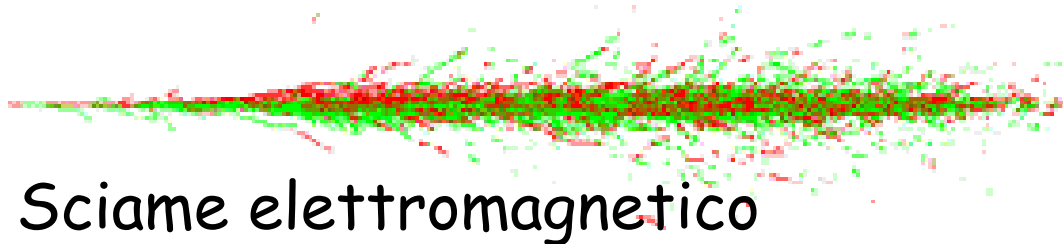
$p, n, \pi \rightarrow$ urtano atomi del calorimetro $\rightarrow$ creano altre particelle



strati di Fe alternati a strati di rivelatore



Sciame adronico



Sciame elettromagnetico

calorimetri

- ☐ Inizia dopo
- ☐ Più aperto
- ☐ Meno simmetrico

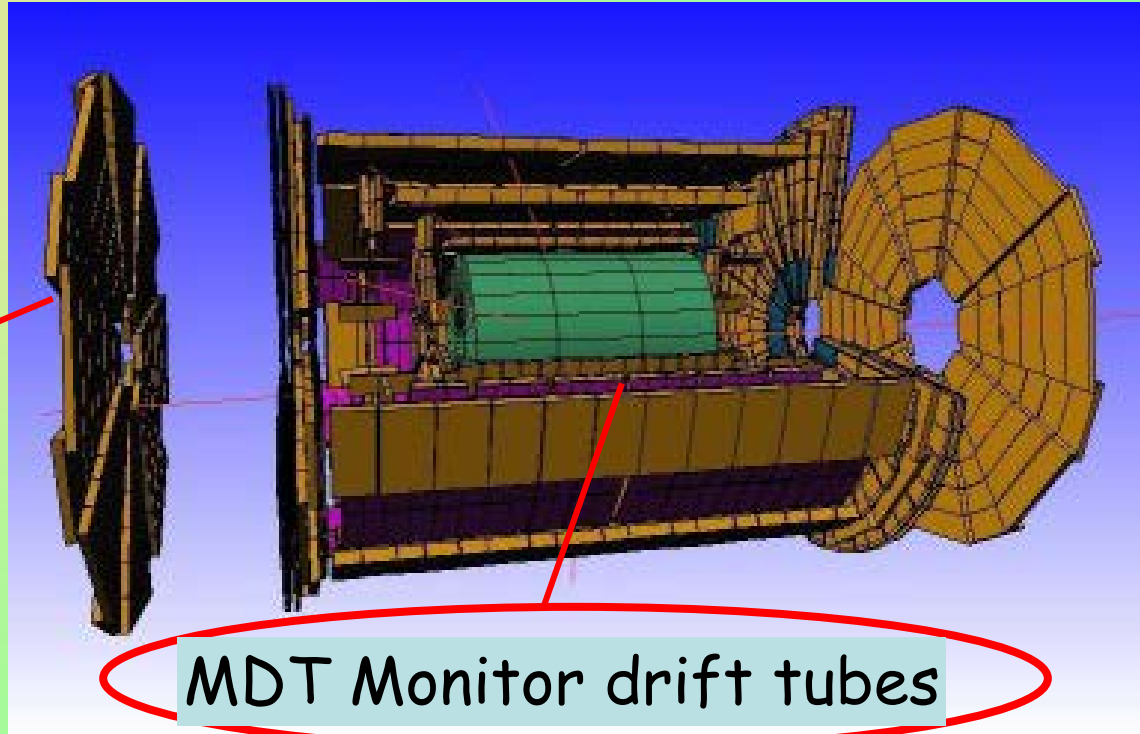
rivelatori di muoni

Rivela muoni e ne misura l'impulso (con il magnete toroide)

Rivelatore più esterno e più grande (~22 m di diametro)

"botte" a più strati
con 2 tappi laterali

"tappo"



MDT Monitor drift tubes

Muoni sono "poco interagenti" → se attraversano materiali perdono poca energia → ~unici ad arrivare a questo rivelatore

ricostruiamo le particelle più importanti

Ricostruzione delle particelle

Per vedere il programma interattivo sulla ricostruzione delle particelle, collegarsi all'indirizzo

https://kjende.web.cern.ch/kjende/it/wpath_teilchenid1.htm

All'interno del sito delle Masterclass

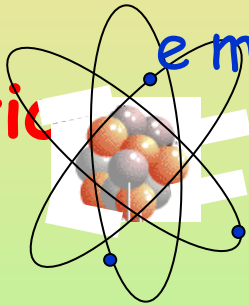
Ricadute tecnologiche

nanotecnologie

medicina

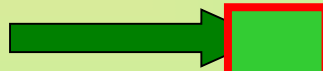
adroterapia, Quando Galvani ne
pet, tac ... stimolò i nervi di

informatica
web



l'elettricità

Quando Galvani ne
stimolò i nervi di
e mosse le zampe.
EMETTE UN e^+



19
e $^+$ e $^-$ →
telefonini



Navigatori
satellitari

computer

< 40 anni

ISOTOPO CHE
DECADE non pensava di
all'inizio di una

Tecnologia

elettronica,
telefonia ...

Conoscenza

... è sempre ut

CURA



STALE

ATTO

=

Tim B

LANCI



Conclusioni

La fisica delle particelle ha fatto molta strada, ma rimangono aperte questioni importanti

LHC può dare alcune risposte

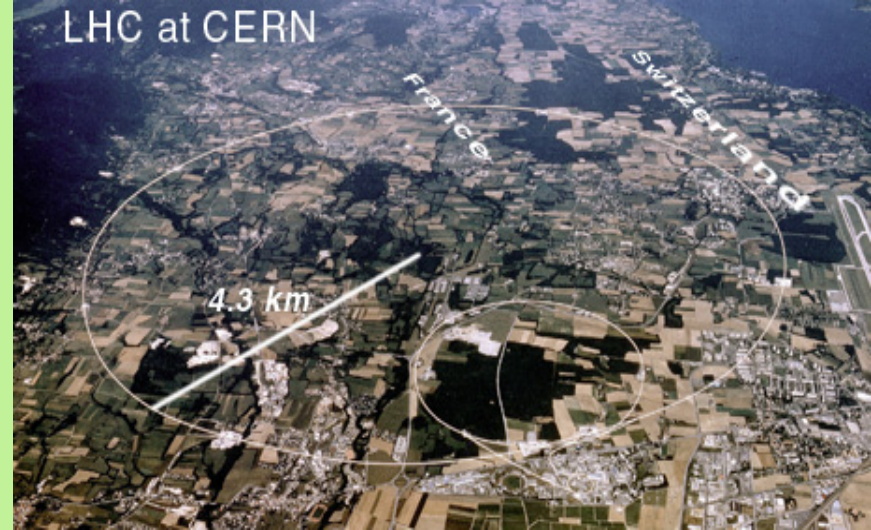
La rivelazione delle particelle ha avuto molte ricadute tecnologiche

la tecnologia associata è al massimo livello di sviluppo

Grazie a tutti e ... almeno per l'esame, **STUDIATE FISICA**

Backup slides

I numeri di LHC



- ❑ Macchina più grande al mondo
 - ❑ 27 km quasi tutti in Francia
 - ❑ protone fa 11000 giri/s
 - ❑ posto più freddo e più caldo dell'universo
 - ❑ magneti superconduttori $-271\text{ }^{\circ}\text{C} = 1.9\text{ K}$
 - ❑ nell'urto la "temperatura" è 1000 miliardi $> T_{\text{sole}}$
- ❑ costi
 - ❑ tot 6 miliardi € (1 anno camera+senato $\sim$ 2 miliardi €)
 - ❑ ITALIA $\sim$ 700 milioni € $\rightarrow$ ritorno di $\sim$ 1.5 volte
- ❑ 700 ricercatori italiani coinvolti

I primi rivelatori di particelle

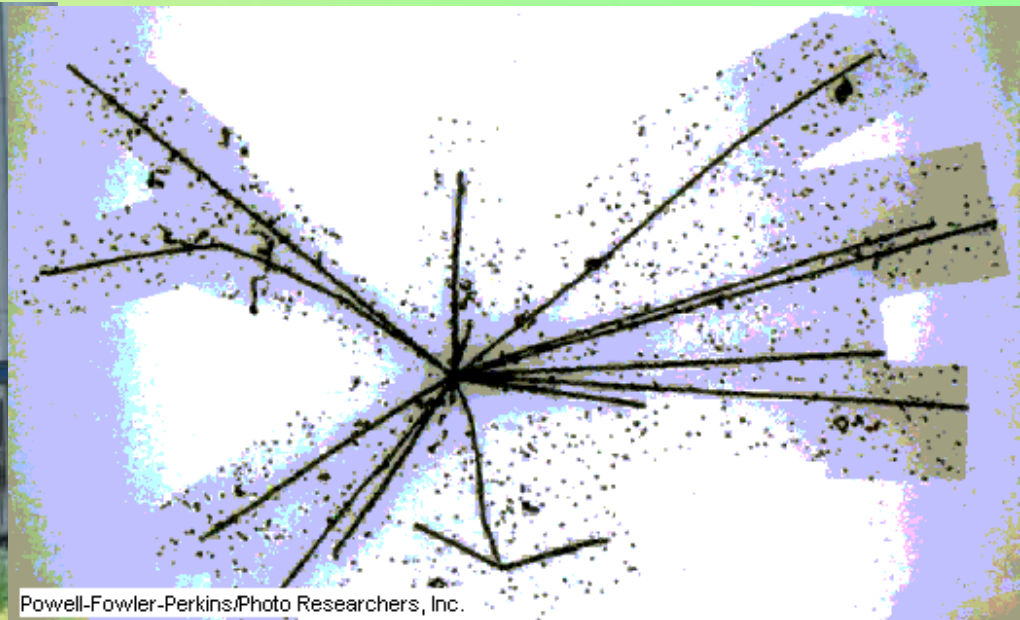
CAMERE A BOLLE

Particelle cariche ionizzano un liquido vicino all'ebollizione lasciando una scia di "bollicine" lungo la traiettoria

Anni 50/70 → fascio mandato dentro volume di gas → foto



Camera a bolle



Powell-Fowler-Perkins/Photo Researchers, Inc.

Bellissime perchè **vedevi** tutto, ma lente e non triggerabili
(→ foto quasi tutte vuote)

Le particelle instabili

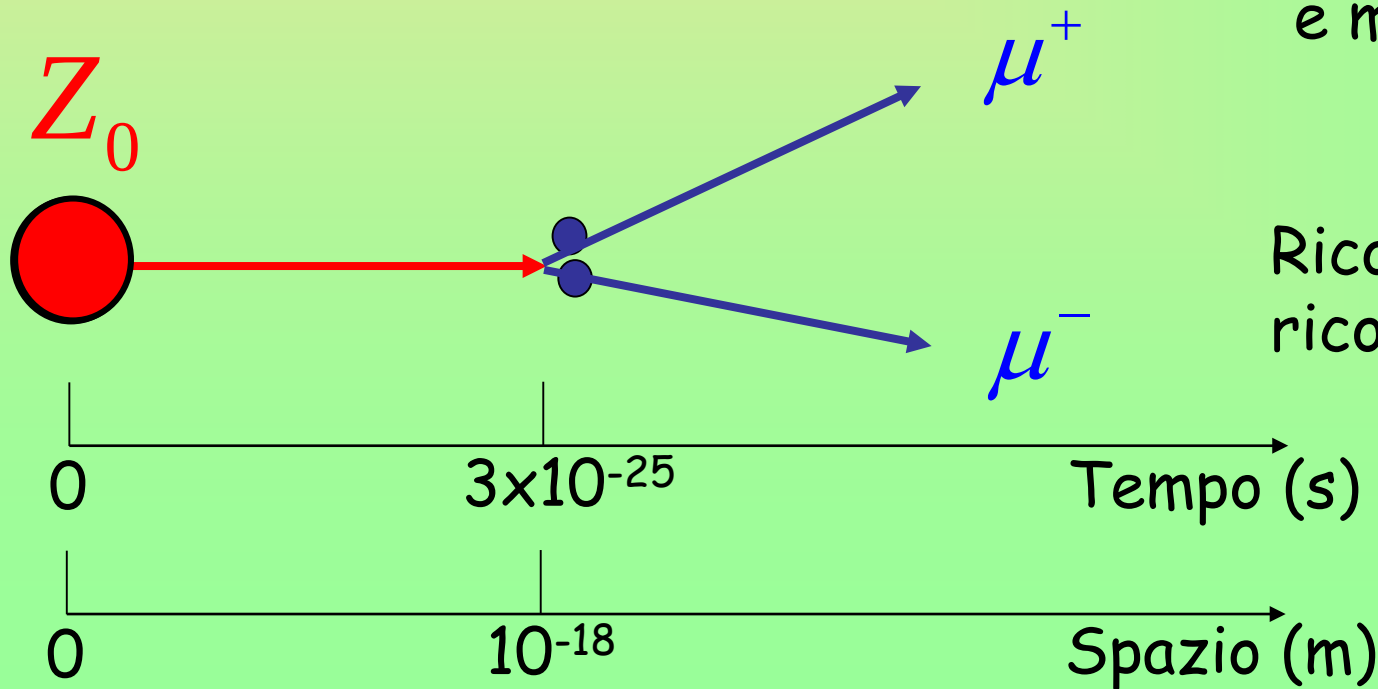
Particelle che sono create e dopo un tempo "piccolissimo" decadono in altre particelle

Es. $Z_0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$

Z_0 non la vedo, ma
se riconosco $\mu^+ \mu^-$
e misuro impulso



Riconosco Z_0 e
ricostruisco impulso



Riconoscimento delle principali particelle

Elettroni
Positroni

Tracciatore

Calorimetro em

muoni

Tutti

gamma

Calorimetro em

jets

Tracciatore

Calorimetri

Pioni/prot

Tracciatore

neutrini

Calorimetro adr

