



Rivelatori di particelle per la fisica delle alte energie

Alessandro Lega, Ester Ricci
alessandro.lega@unitn.it, ester.ricci@unitn.it

Università degli studi di Trento
INFN - TIFPA

International Masterclass - Hands on in particle physics

Come si rivelano le particelle?

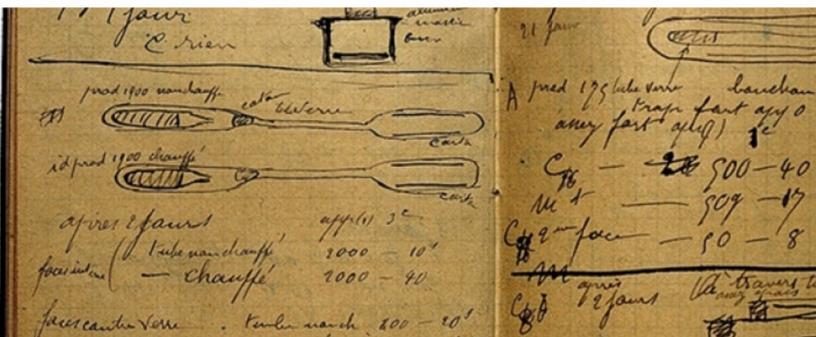
- I nostri sensi **non riescono** a percepire in nessun modo il passaggio di una particella. (In questo momento molte particelle ci stanno attraversando e noi non ce ne accorgiamo)

Focus SCIENZA AMBIENTE TECNOLOGIA CULTURA COMPORTAMENTO FOCUS TALKS FOCUS SCONTI **ABBONATI**  

Scienze Marie Curie, i suoi manoscritti ancora radioattivi

A quasi 90 anni dalla morte di Marie Curie, scienziata Premio Nobel, i suoi appunti sono conservati in scatole piombate. E i suoi libri di cucina, si sfogliano indossando una tuta protettiva.

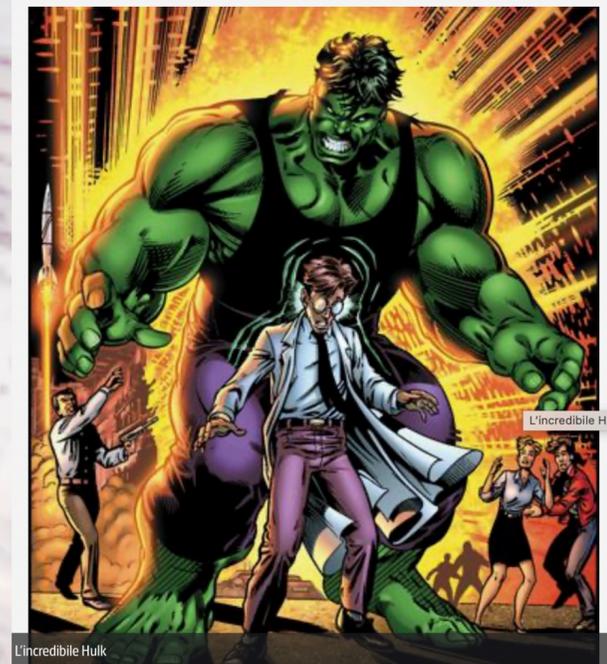
  



CORRIERE DELLA SERA / SPORTELLINO CANCRO 

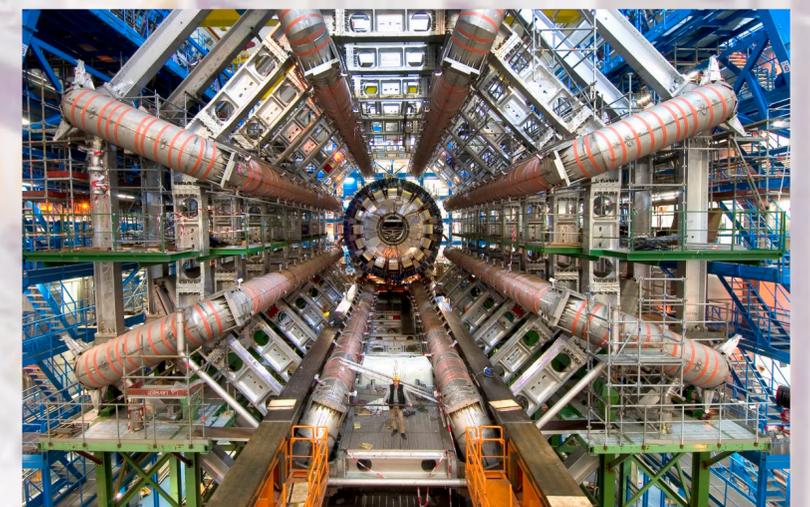
L'incredibile Hulk e i raggi gamma

Il dottor Bruce Banner è un brillante fisico nucleare e inventa una delle armi più micidiali mai costruite: la bomba gamma, un'arma nucleare dall'altissimo potenziale radioattivo. Quando la prima esplosione-test sta per avvenire, Banner si accorge che un civile si trova nel bel mezzo del sito della detonazione. È un ragazzo di nome Rick Jones, che Banner riesce miracolosamente a mettere in salvo, venendo colpito in pieno dall'esplosione. Incredibilmente le radiazioni non lo uccidono ma il corpo di Banner inizia a mutare, cambiando colore e proporzioni, trasformandosi in un essere enorme dalla pelle verde: è la nascita dell'incredibile Hulk. (prosegue sotto l'immagine)



Vedere l'invisibile

- Come ottenere informazioni su qualcosa che non vediamo?
- Ci serve uno strumento che “**traduca**” il **passaggio** della particella e le sue **interazioni** in qualcosa che possiamo percepire (e misurare).
- Questi strumenti sono chiamati **rivelatori di particelle**.



ATLAS @ CERN

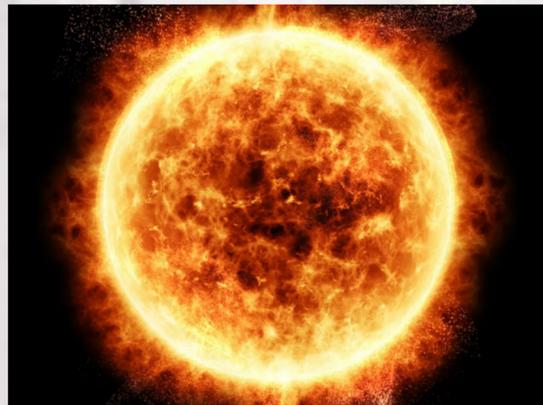
Pannelli solari

SORGENTE

RIVELATORE

RISULTATO

SOLE



Luce (FOTONI)



Elettricità



I fotoni emessi dal sole sono trasformati in elettricità dai pannelli solari!

Rivelatori del CERN

SORGENTE

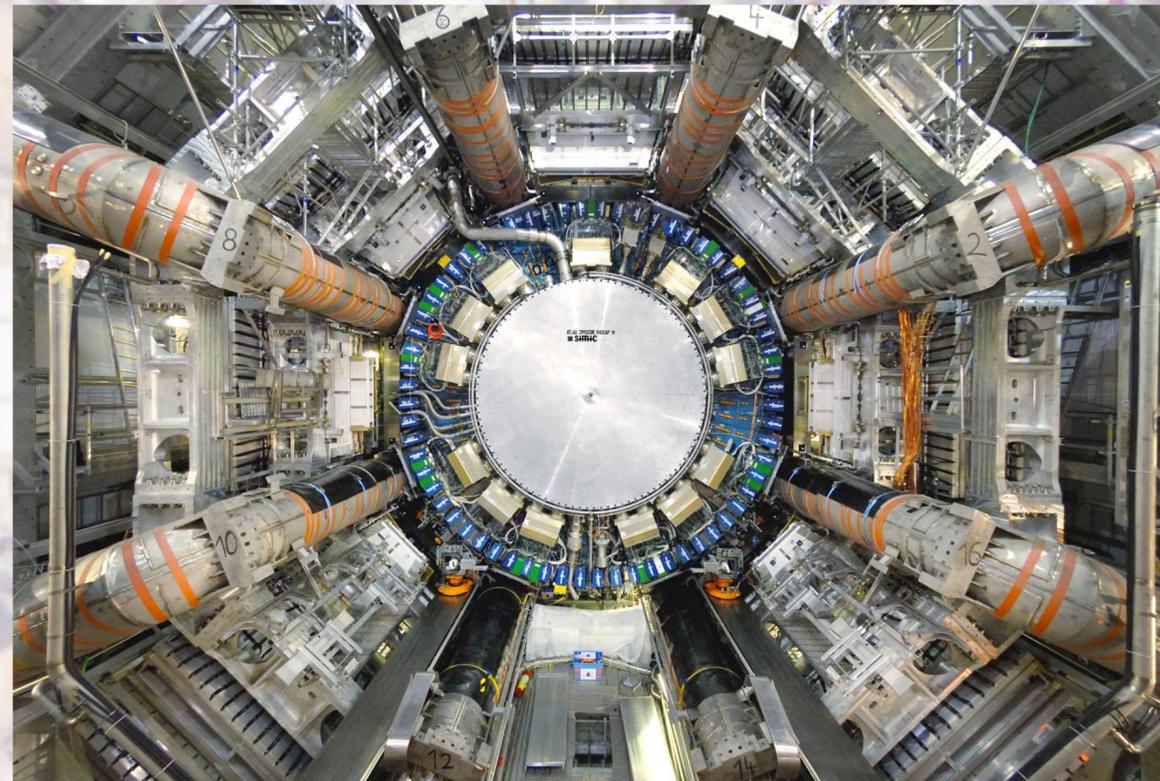
RIVELATORE

RISULTATO



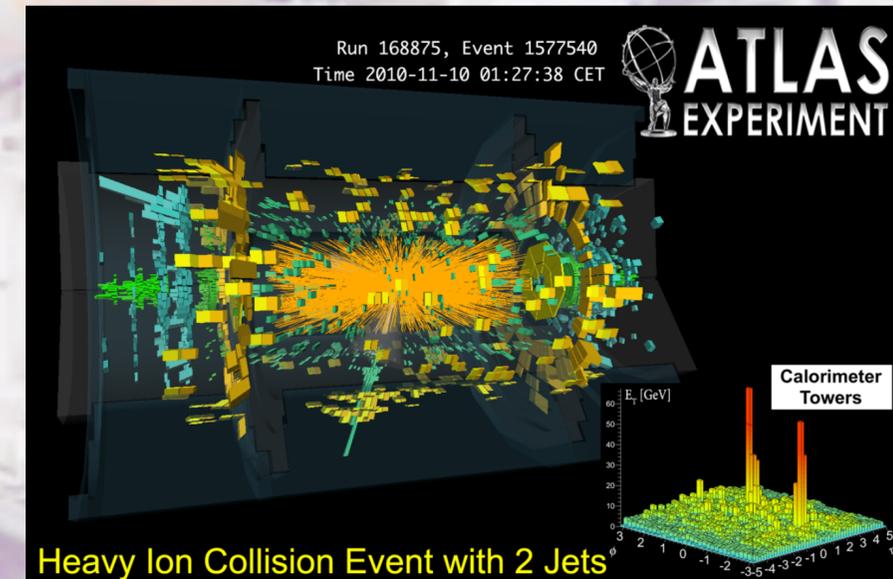
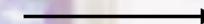
Acceleratori al CERN

Protoni



Rivelatori contenuti in ATLAS

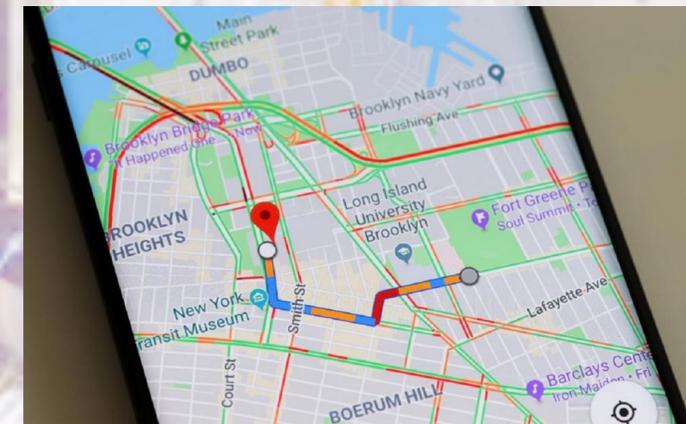
Segnali
elettrici



**Informazioni fisiche:
Studio della fisica
fondamentale**

Cosa cerchiamo?

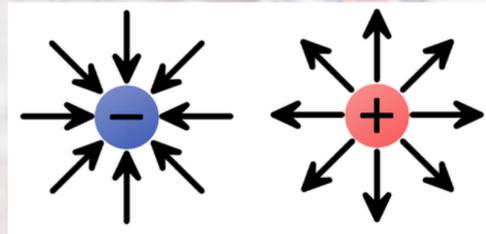
- Il nostro obiettivo è capire:
 - Con **quale** particella ho a che fare?
 - Quale è la sua **energia**?
 - **In che punto** è stata generata?
- Ci occorrono due informazioni:
 - **Dove** è passata
 - Quale è la sua **energia**



C'è particella e particella

- Le particelle non interagiscono tutte allo stesso modo!
- Alcuni parametri che influenzano l'interazione sono:

- **Carica**

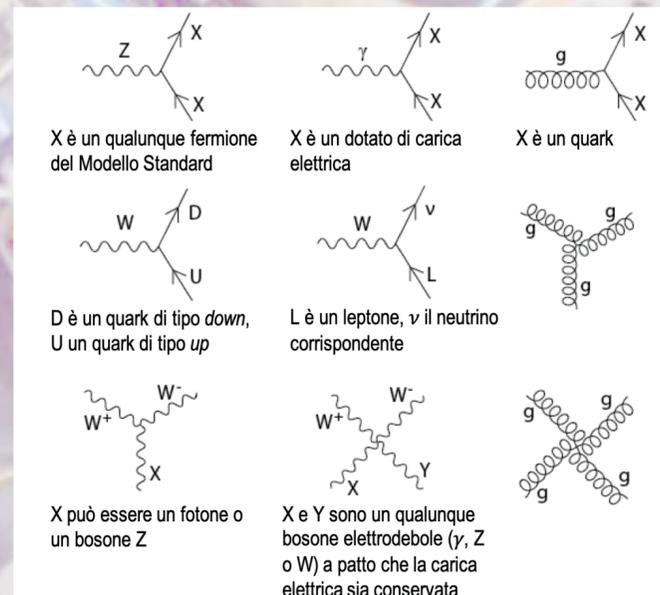


- **Energia**



- **Natura** della particella

massa → +2.3 MeV/c ²	+1.275 GeV/c ²	+173.07 GeV/c ²	0	+126 GeV/c ²
carica → 2/3	2/3	2/3	0	0
spin → 1/2	1/2	1/2	1	0
u up	c charm	t top	g gluon	H Higgs boson
+4.8 MeV/c ²	+90 MeV/c ²	+4.18 GeV/c ²	0	0
-1/3	-1/3	-1/3	0	0
1/2	1/2	1/2	1	1
d down	s strange	b bottom	γ photon	
0.511 MeV/c ²	106.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²	91.2 GeV/c ²	
-1	-1	-1	1	
1/2	1/2	1/2	1	
e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
+2.2 eV/c ²	+0.17 MeV/c ²	+1.6 MeV/c ²	80.4 GeV/c ²	
0	0	0	±1	
1/2	1/2	1/2	1	
ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	



Parte tecnica: rivelare le particelle

**STRUTTURA A
CONDENSATORE**

+V

**MATERIALE
SENSIBILE AL
PASSAGGIO
DI PARTICELLE**

-V

Parte tecnica: rivelare le particelle

**STRUTTURA A
CONDENSATORE**

+V

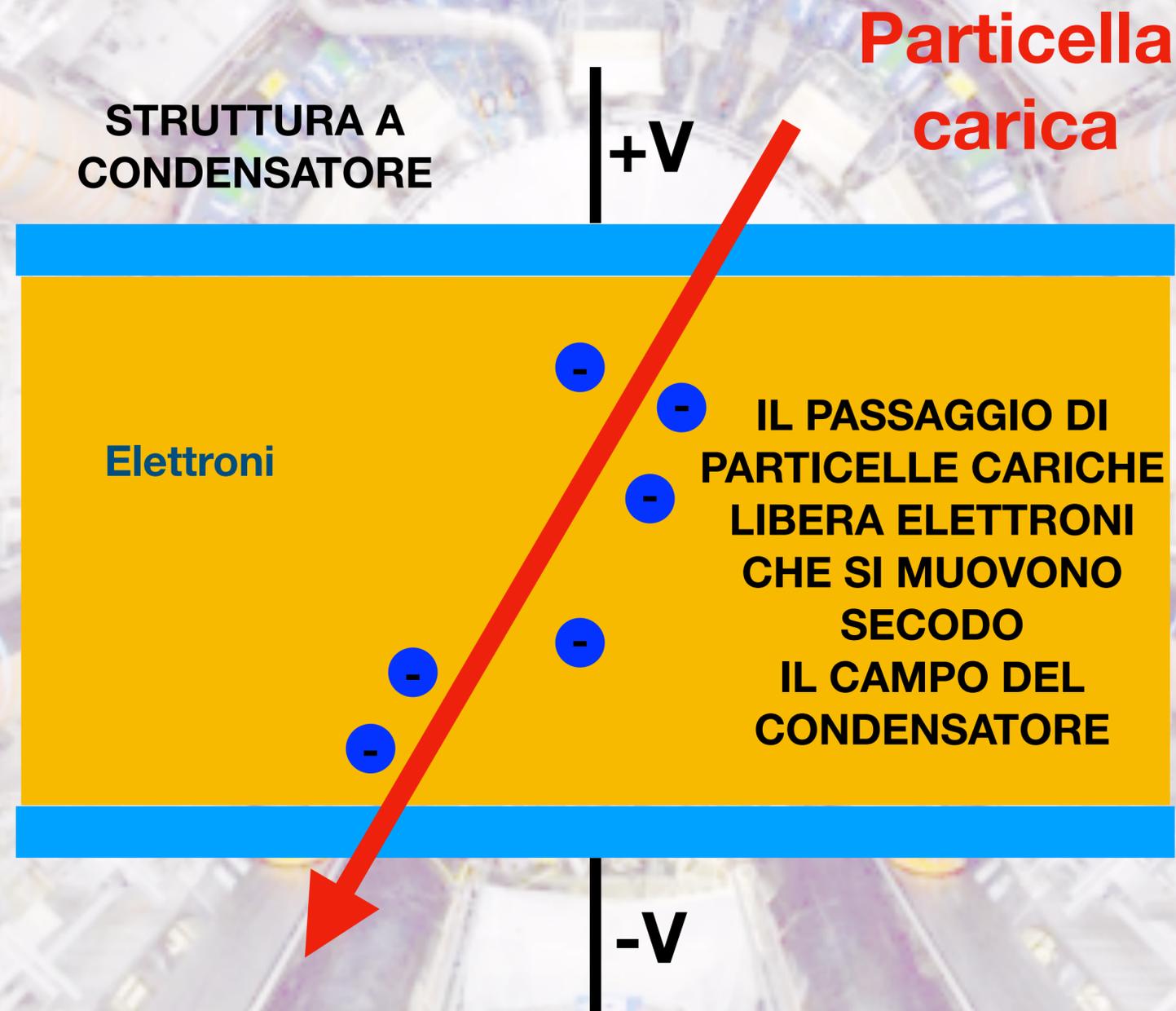
**MATERIALE
SENSIBILE AL
PASSAGGIO
DI PARTICELLE**

-V

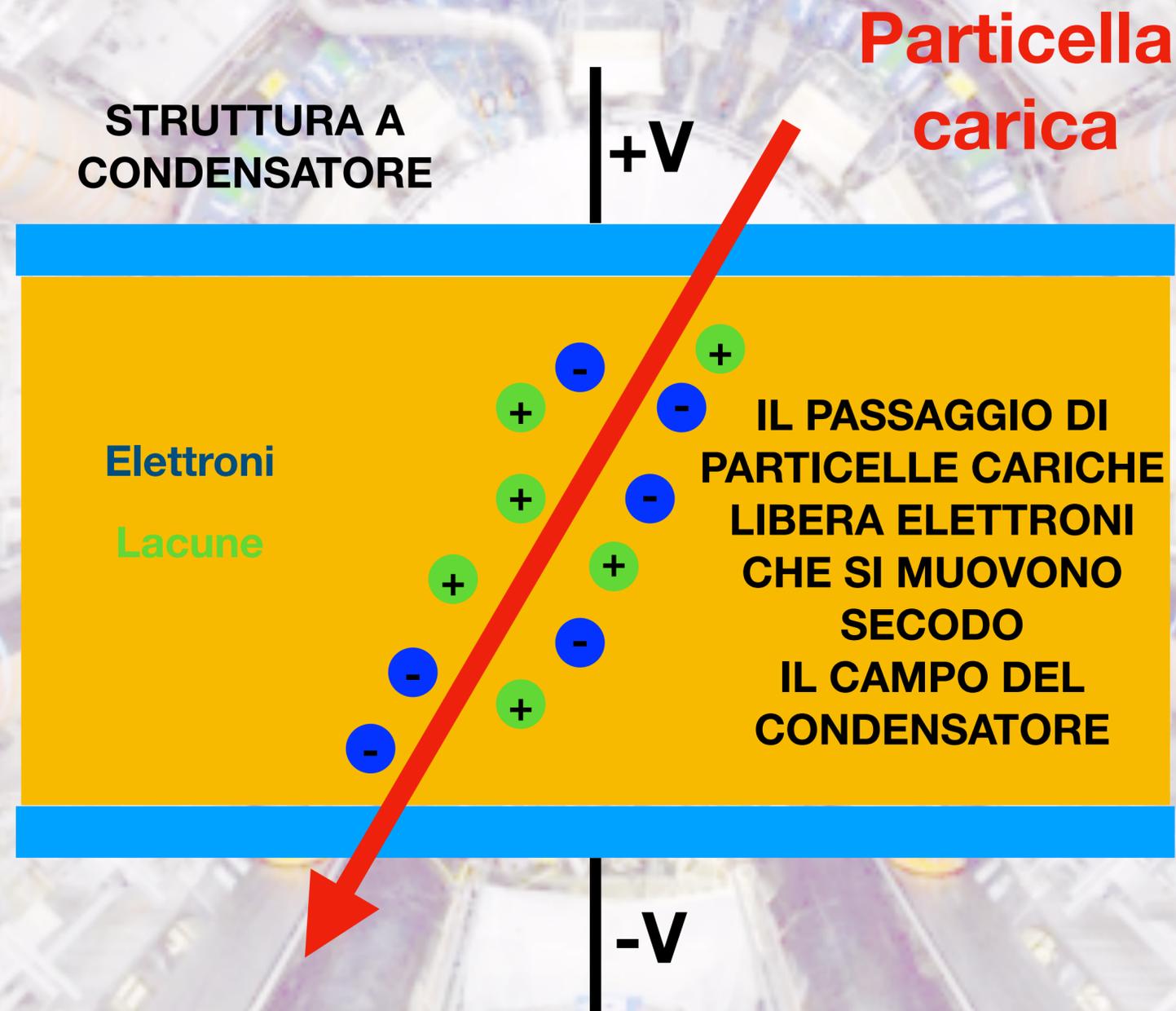


Segnale = 0

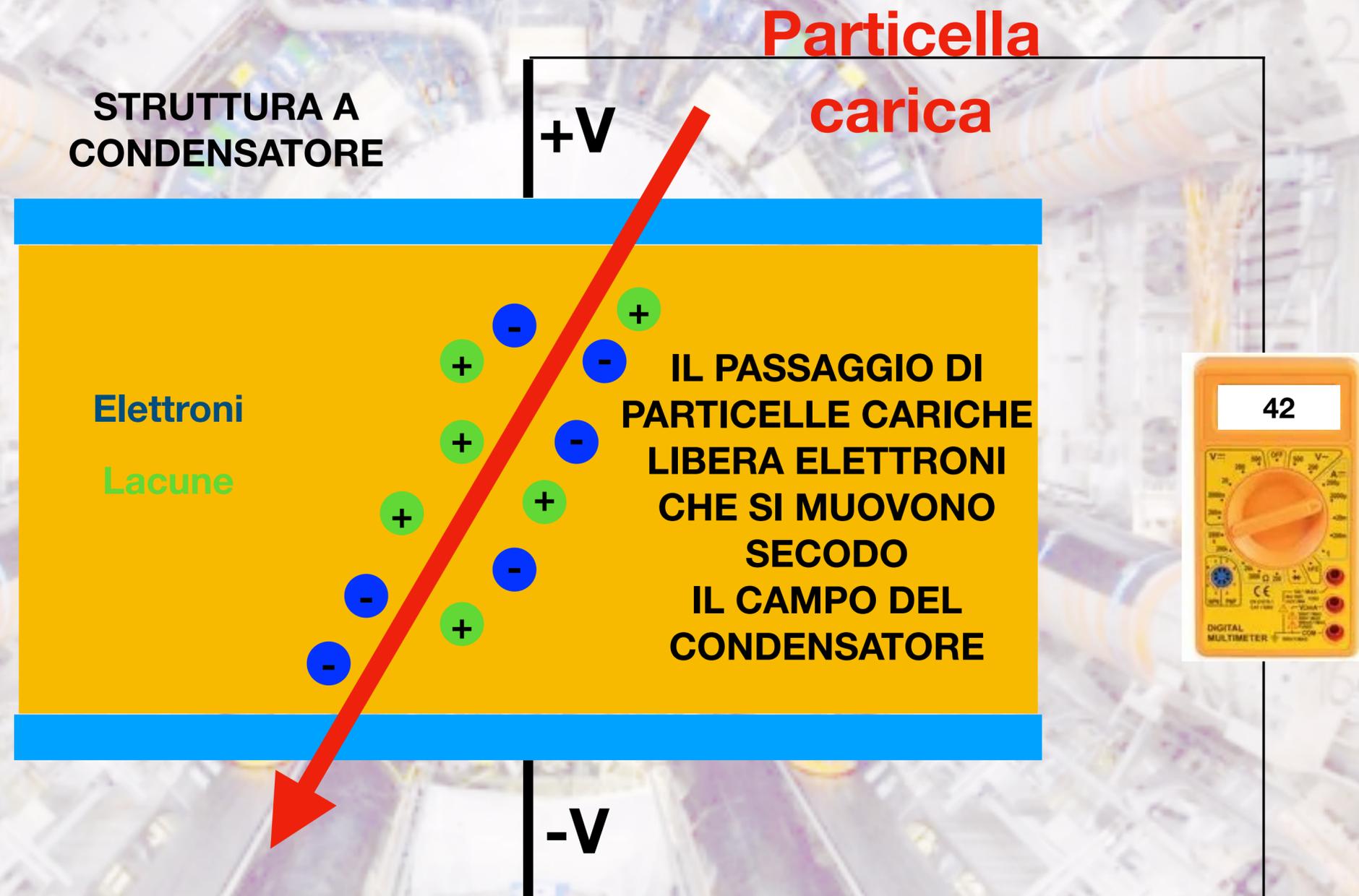
Parte tecnica: rivelare le particelle



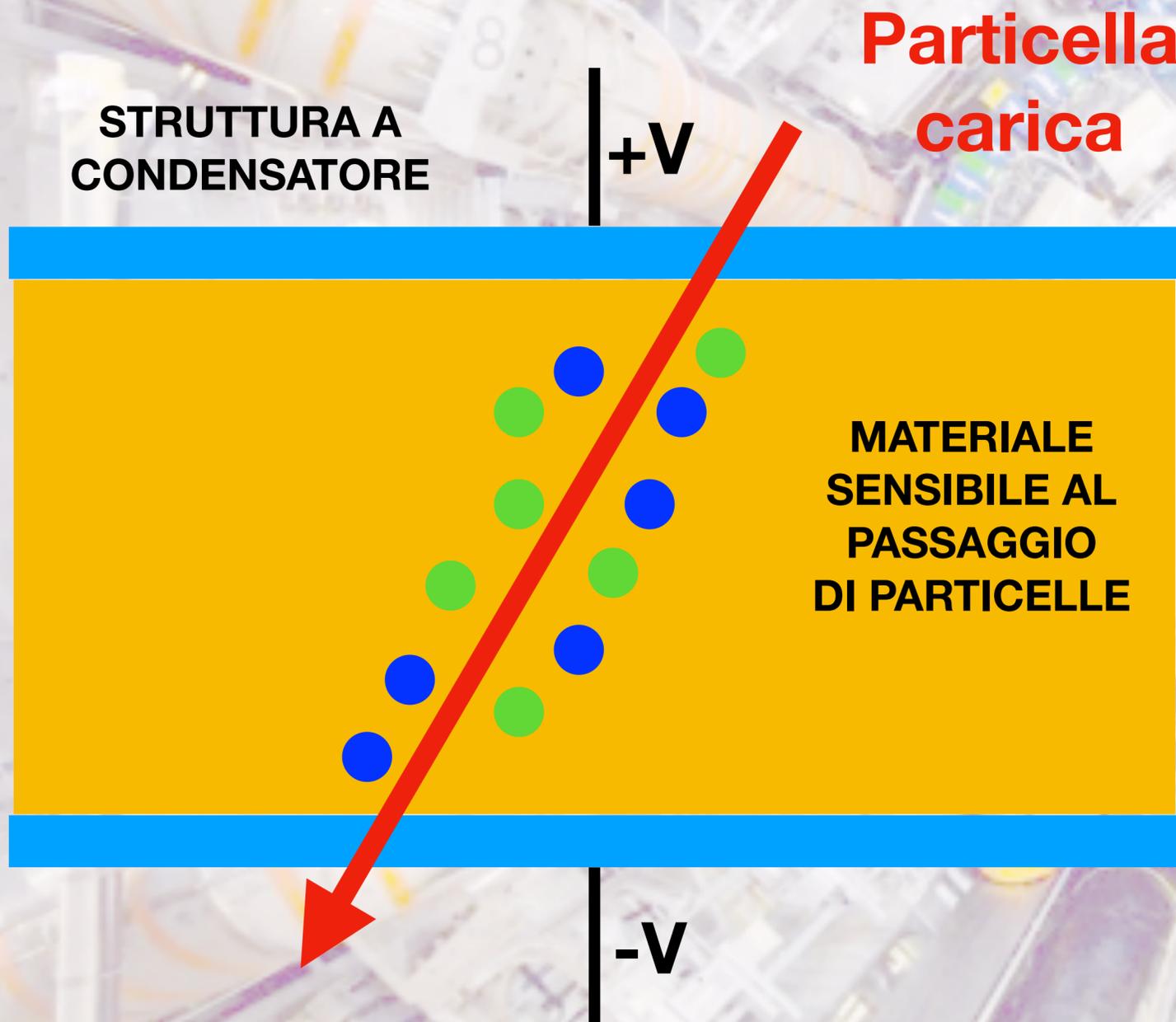
Parte tecnica: rivelare le particelle



Parte tecnica: rivelare le particelle

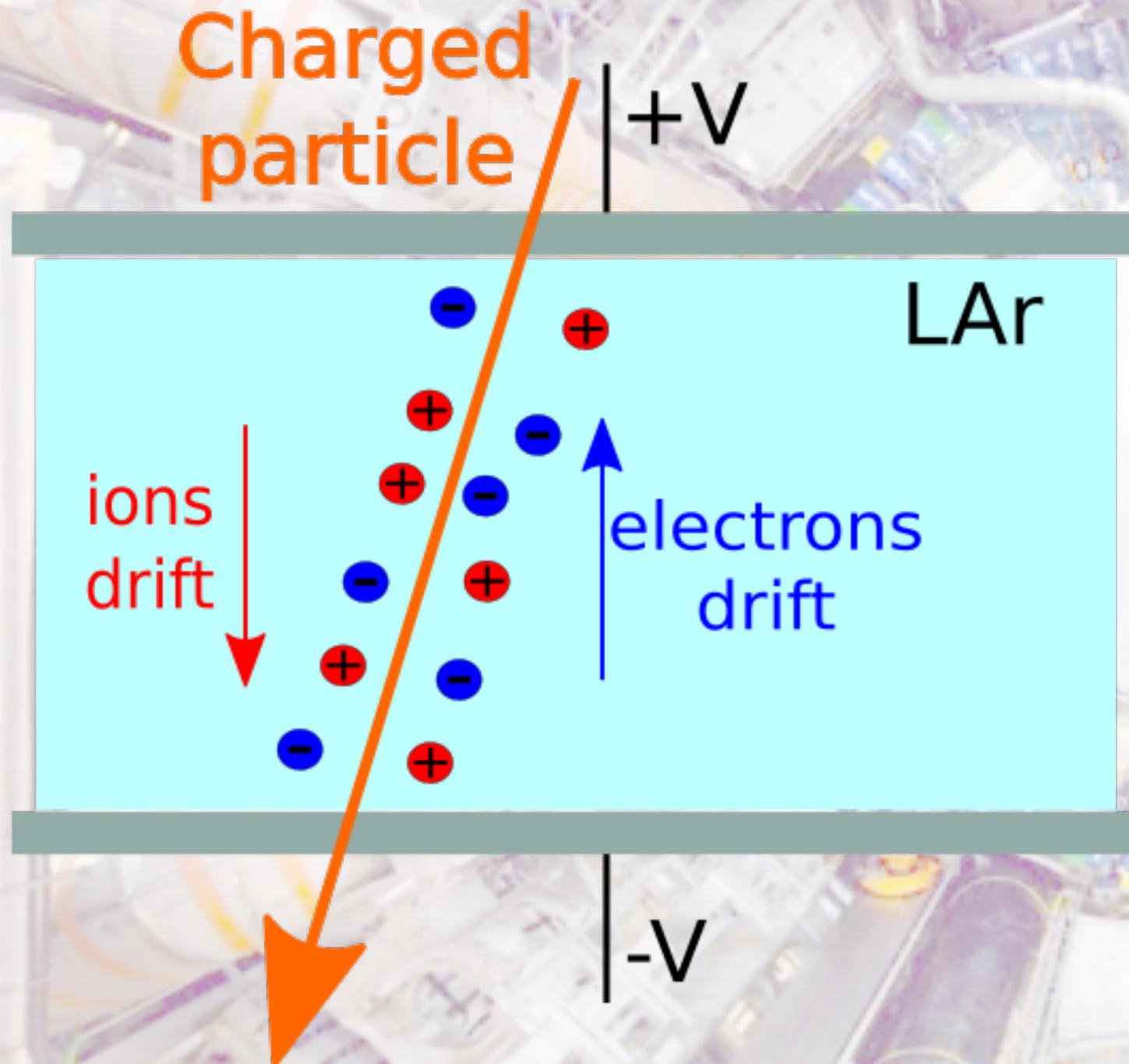


Parte tecnica: rivelatori a silicio



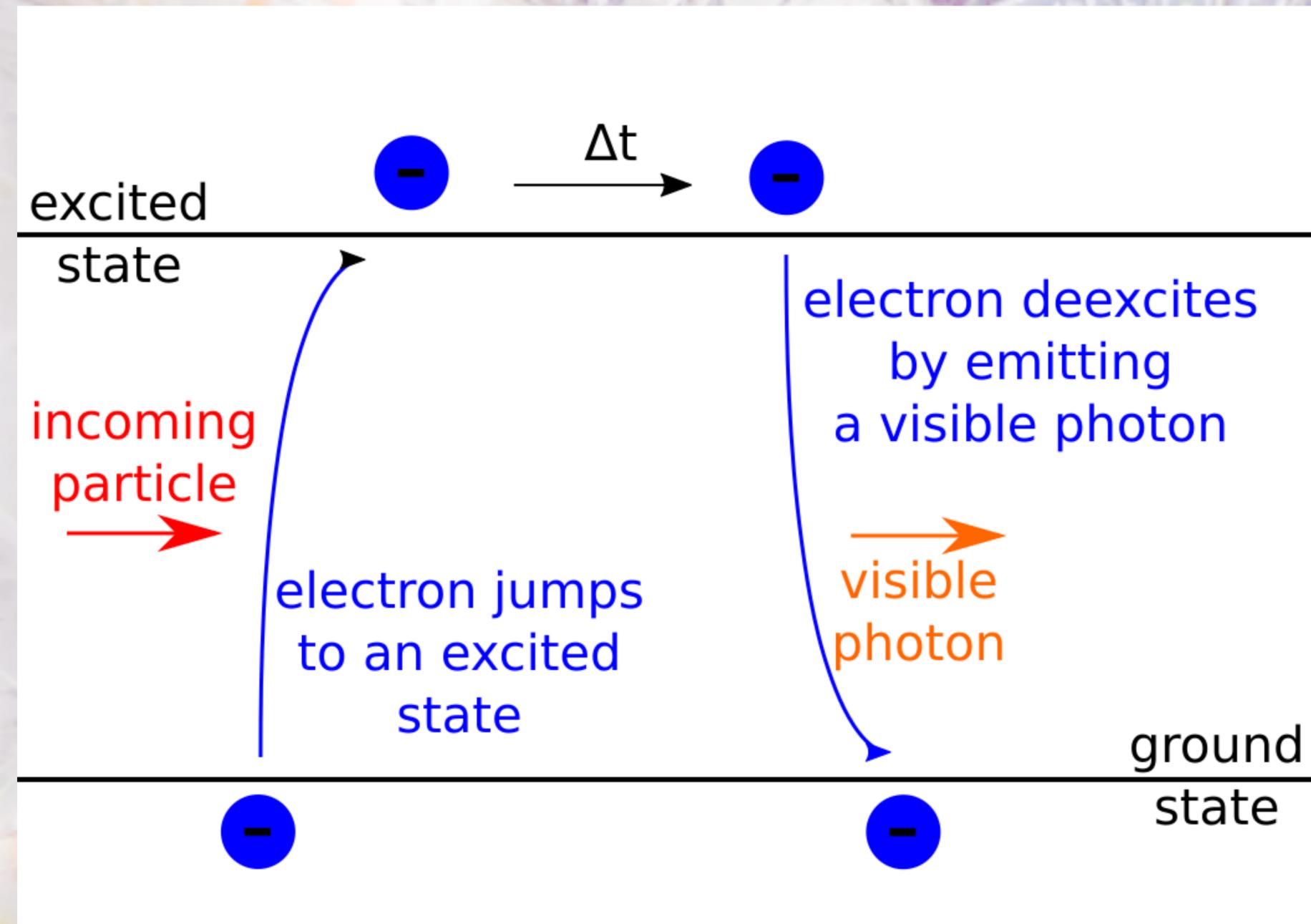
- Le particelle cariche producono coppie di **elettroni** e **lacune**
- Il **campo elettrico** raccoglie le cariche prodotte
- Il **segnale elettrico** prodotto ci fornisce le informazioni che ci servono
- Dal momento che la particella non si ferma, da questo rivelatore non possiamo sapere la sua energia totale.

Parte tecnica: rivelatori a gas



- Funzionamento simile a quello dei rivelatori a silicio
- La particella produce coppie **ione-elettrone**
- Il **campo elettrico** raccoglie le cariche prodotte
- Il **segnale elettrico** si usa per stimare l'**energia depositata** dalla particella nel gas
- Il rivelatore è sensibile a **particelle cariche** e **fotoni**

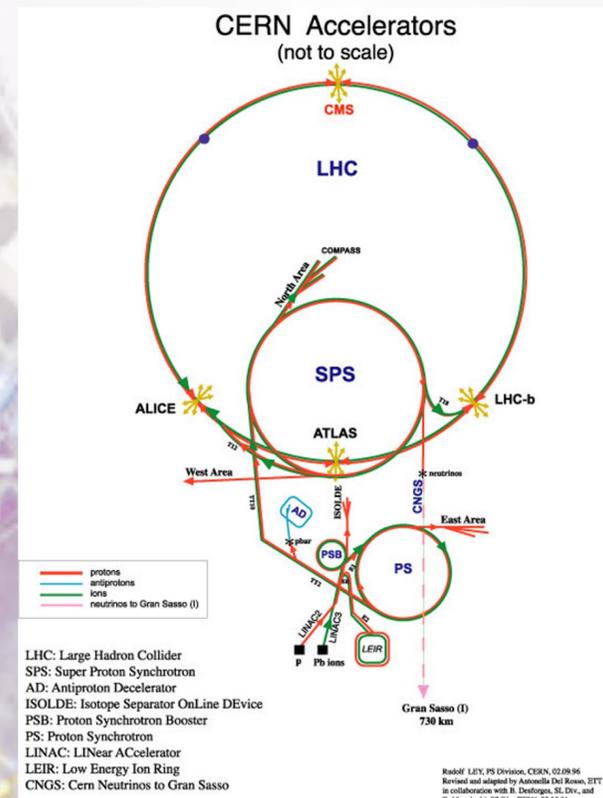
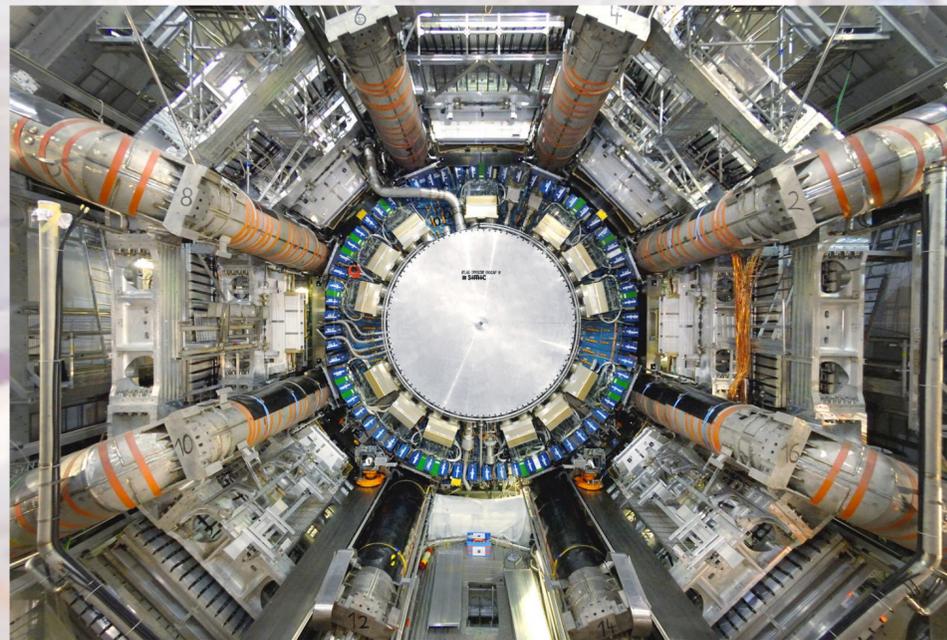
Parte tecnica: rivelatori a scintillazione



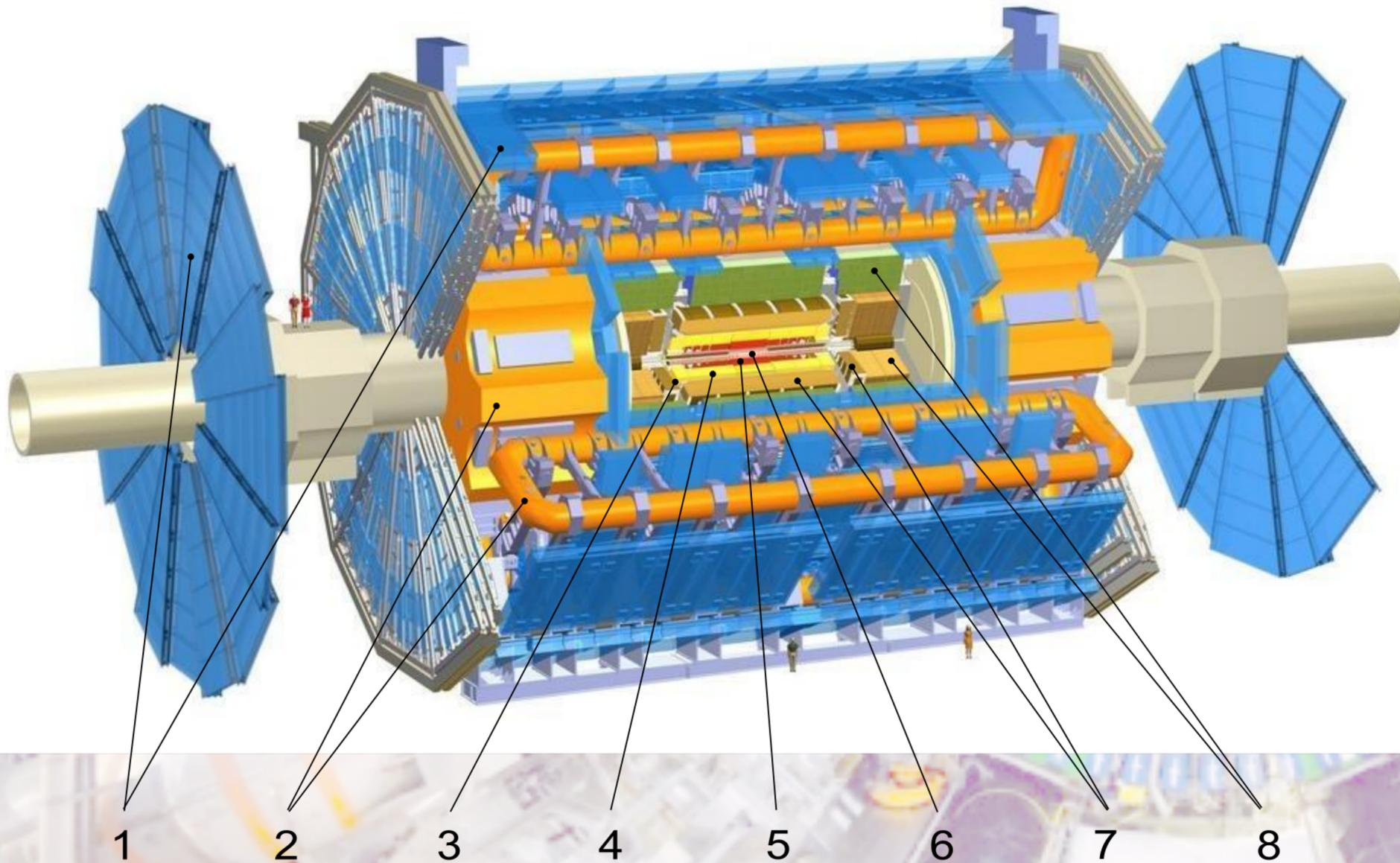
- La particella deposita **energia** nello scintillatore
- Un elettrone acquista energia e passa in uno **stato eccitato**
- Dopo un certo intervallo di tempo torna allo stato fondamentale emettendo un **fotone**
- I fotoni raccolti vanno tradotti in un **segnale elettrico** per essere utilizzati

I rivelatori di ATLAS

ATLAS è il più grande rivelatore mai costruito a un collider di particelle: 44 m di lunghezza e 25 m di diametro. La sua costruzione ha permesso di migliorare le attuali tecnologie superandone i limiti. Protoni accelerati a 7 TeV. (1 eV = energia di un elettrone in un condensatore da 1 V, TeV = 100000000000000 eV).



I RIVELATORI DI ATLAS:



Spaccato del rivelatore ATLAS, che ne mostra i componenti.

Spettrometro dei muoni:

- (1) Regioni in avanti (End-caps)
- (1) Regione centrale

Sistema dei magneti:

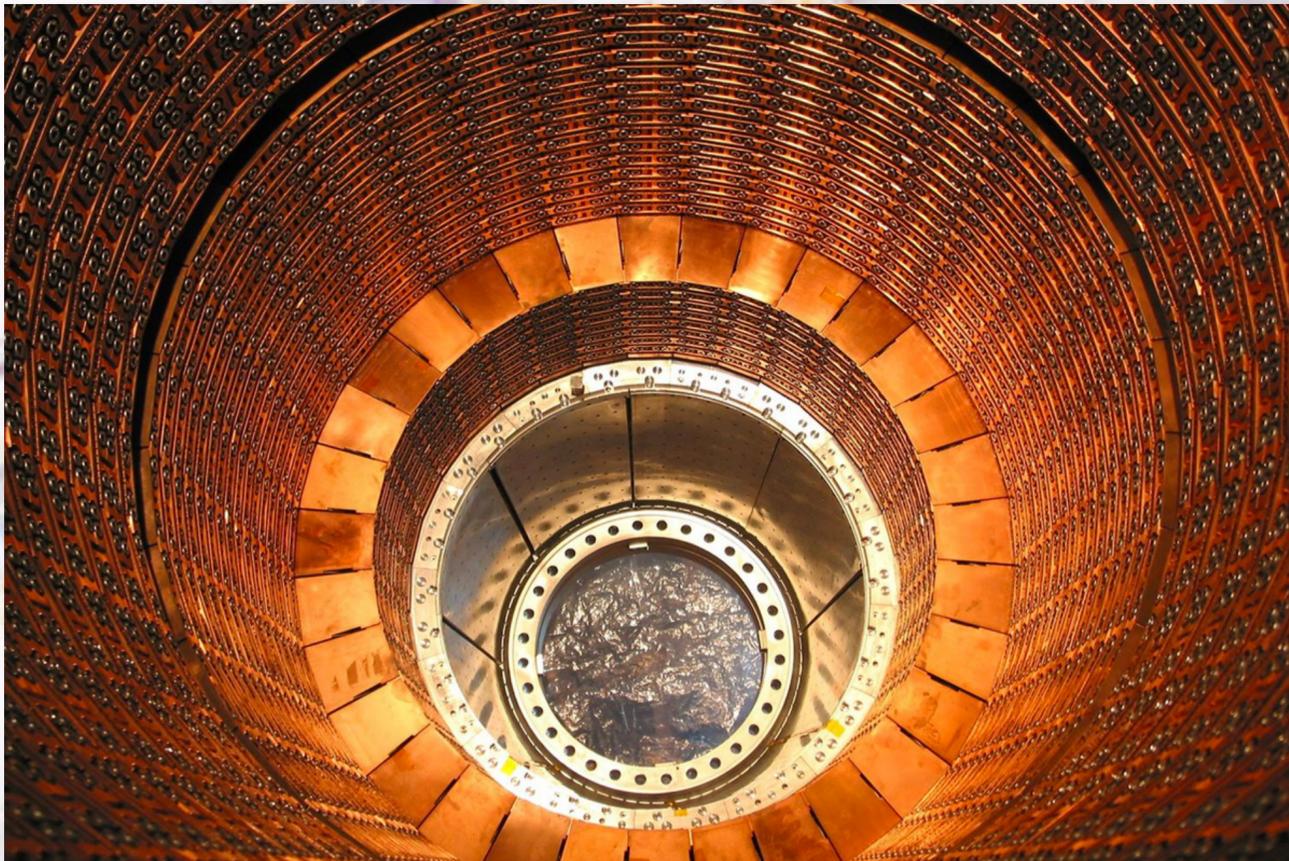
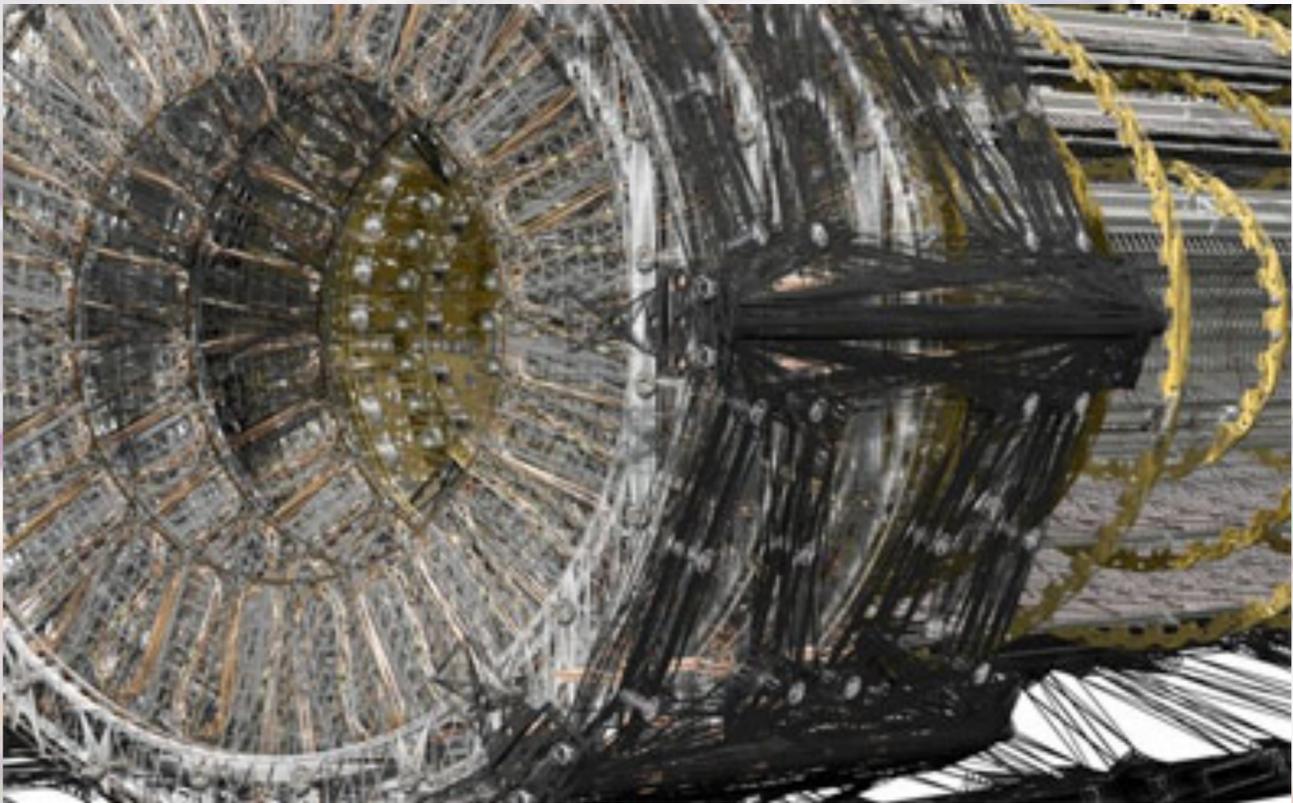
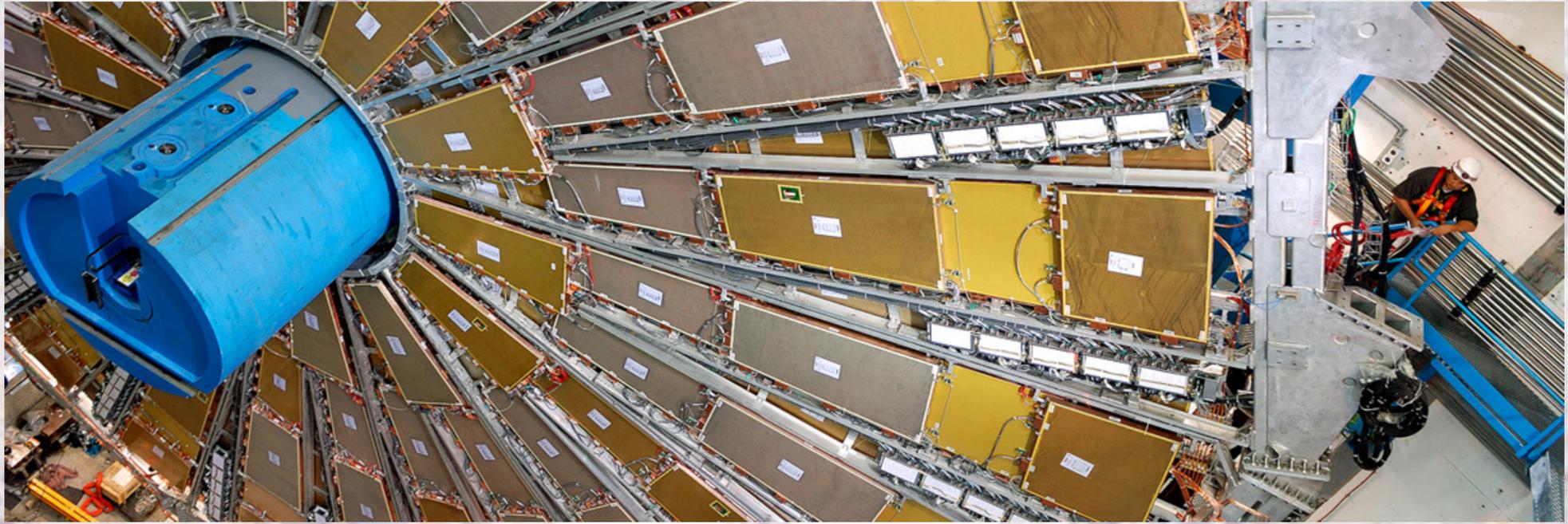
- (2) Magneti toroidali
- (3) Magnete solenoideale

Rivelatore interno:

- (4) TRT (Transition Radiation Tracker)
- (5) Tracciatore a semiconduttore
- (6) Rivelatore a pixel

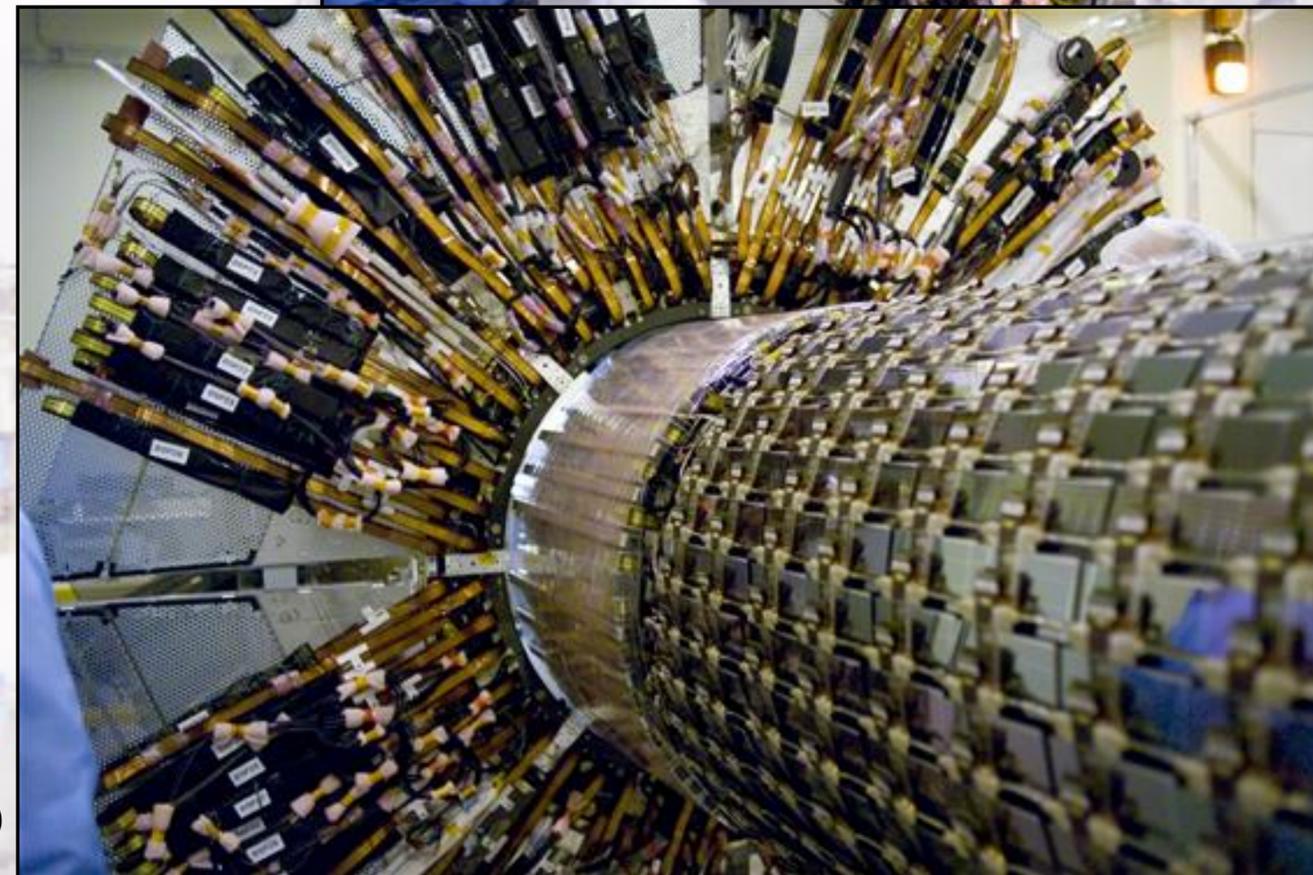
Calorimetri:

- (7) Calorimetro ad argon liquido
- (8) Calorimetro a tegole



Il “cuore”: tracciatore

- Il tracciatore è sensibile alle particelle **cariche**
- È composto da un enorme numero di **moduli finemente segmentati** che permettono di ricostruire una **traccia** della particella
- Quello di ATLAS (e molti altri...) è fatto di **silicio**



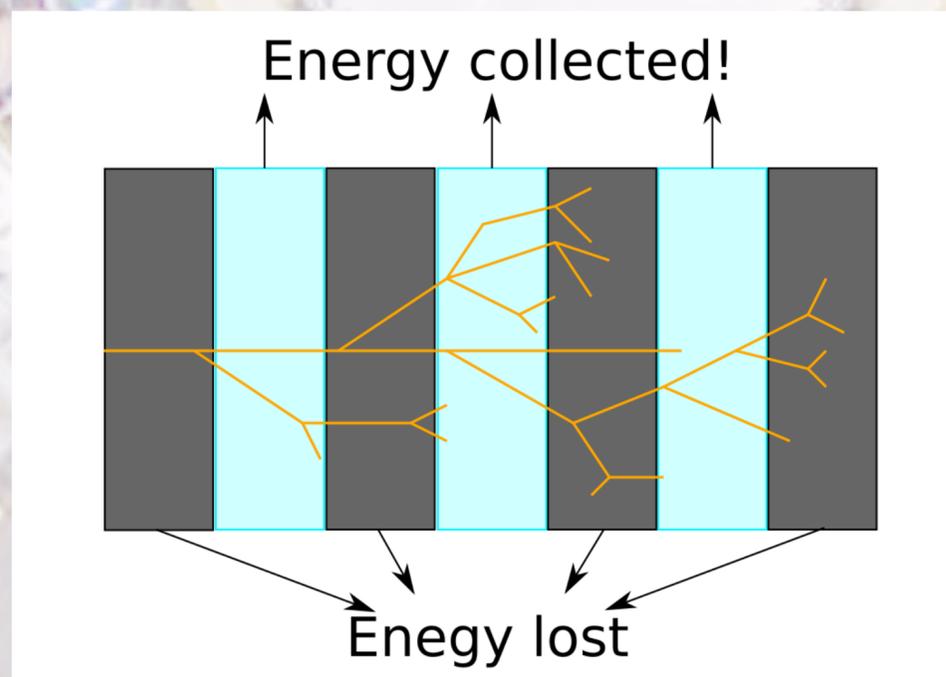
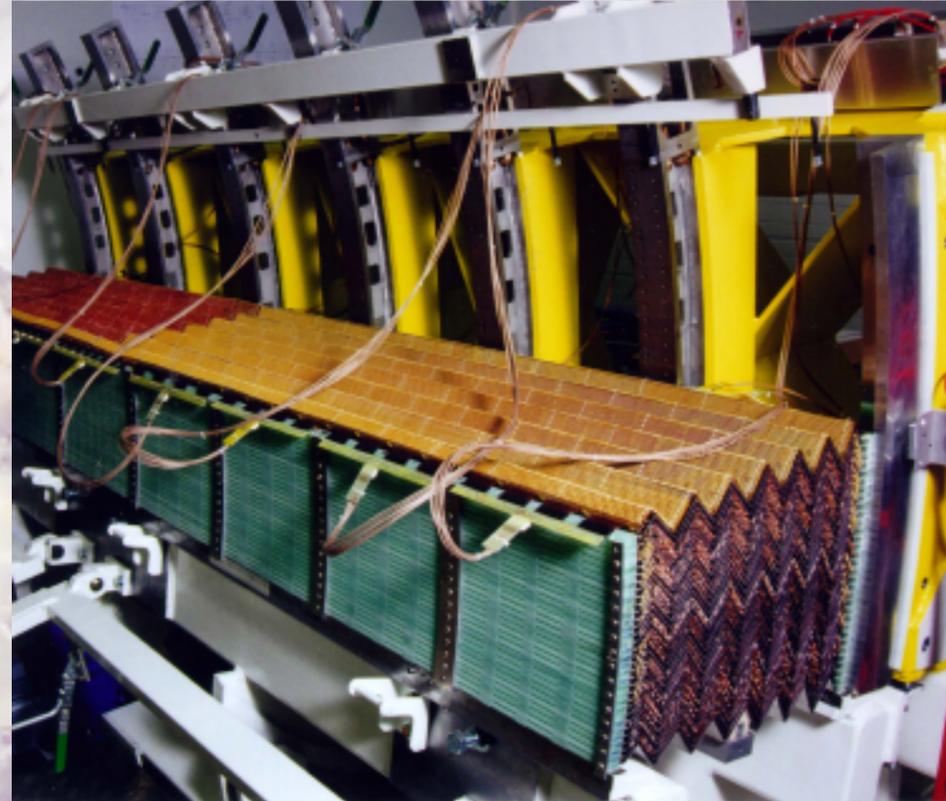
Misurare l'energia

- Ora che abbiamo appurato **da dove** è passata la particella, dobbiamo misurarne l'**energia**
- Questa misura **distrugge** la particella, per questo è effettuata **dopo** la misura di posizione.
- I rivelatori utilizzati per misurare l'energia si chiamano **calorimetri**

Le particelle non sono tutte uguali

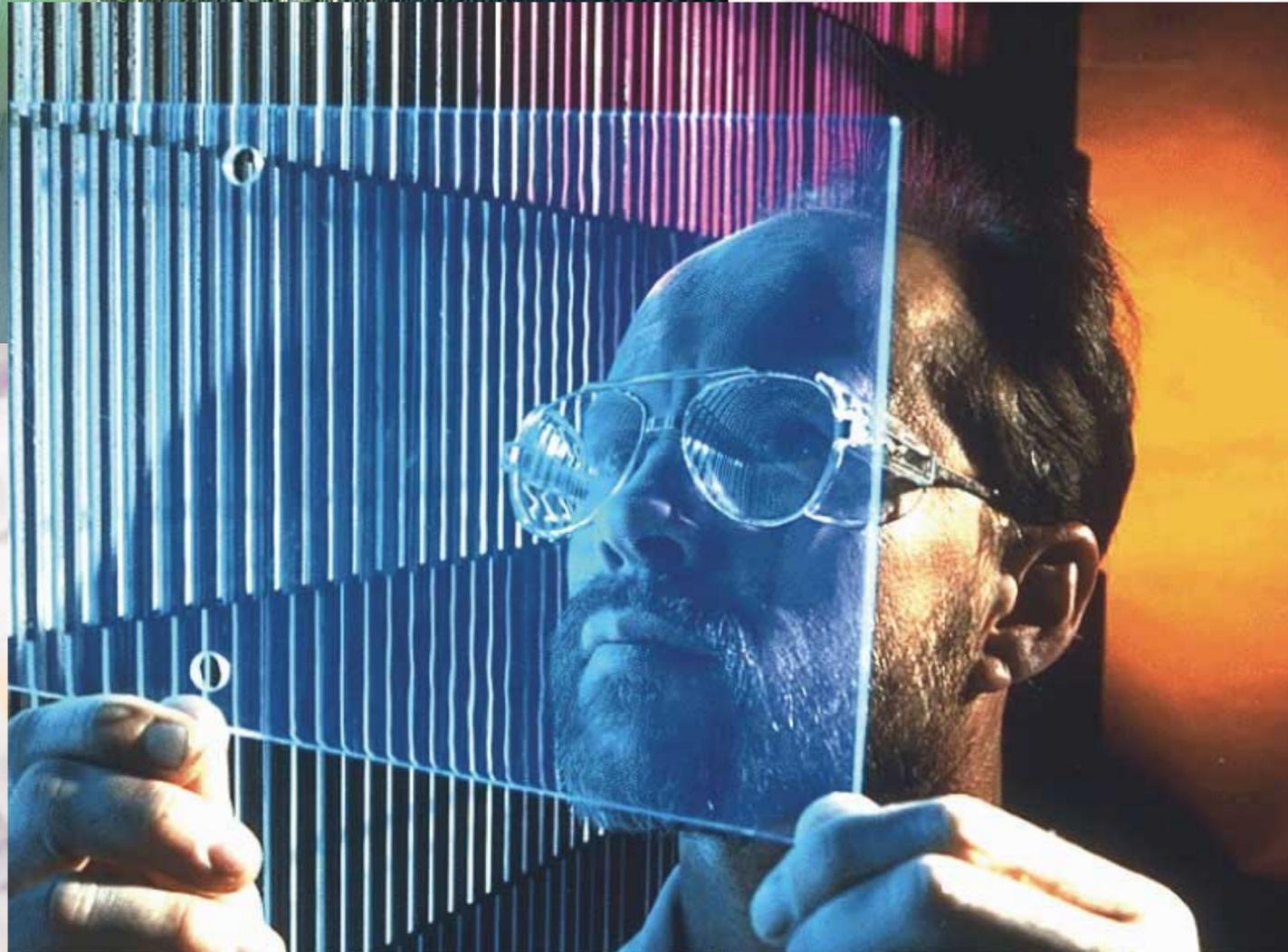
- Per fermare particelle diverse servono spessori diversi.
- Per questa ragione in ATLAS sono montati due calorimetri:
 - **Calorimetro elettromagnetico**
 - **Calorimetro adronico**
- Il primo misura l'energia di **fotoni** ed **elettroni**, il secondo quella di **protoni** ed altre particelle più “pesanti”

Calorimetro elettromagnetico



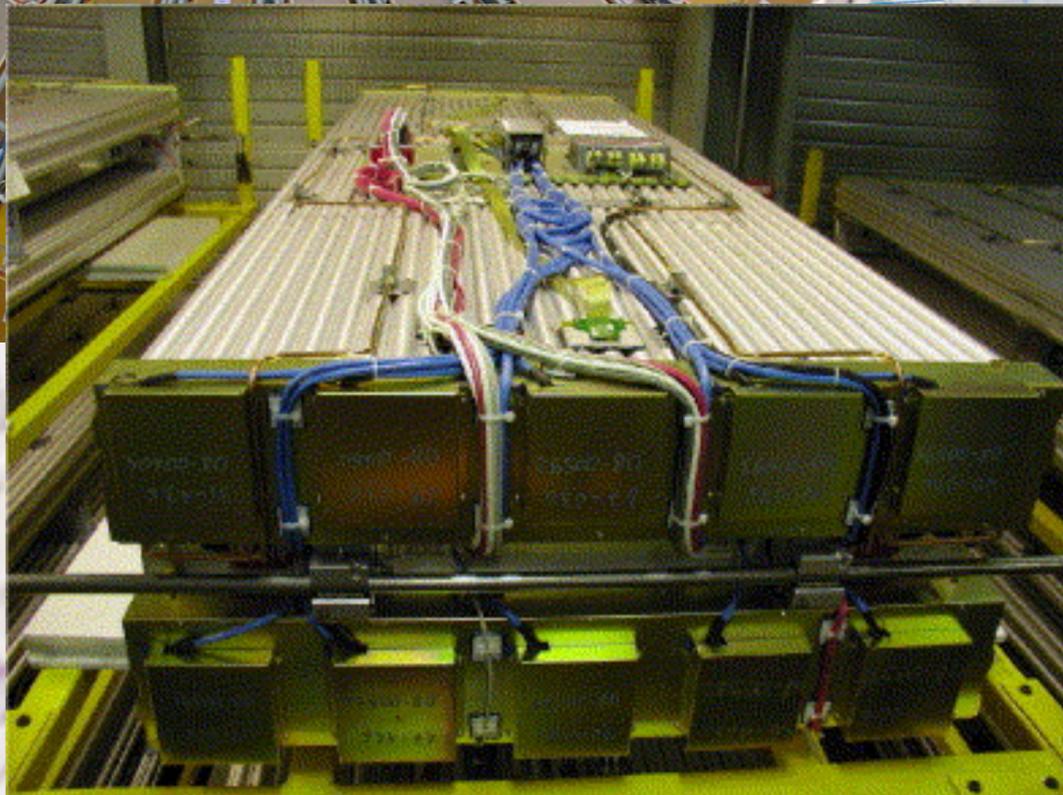
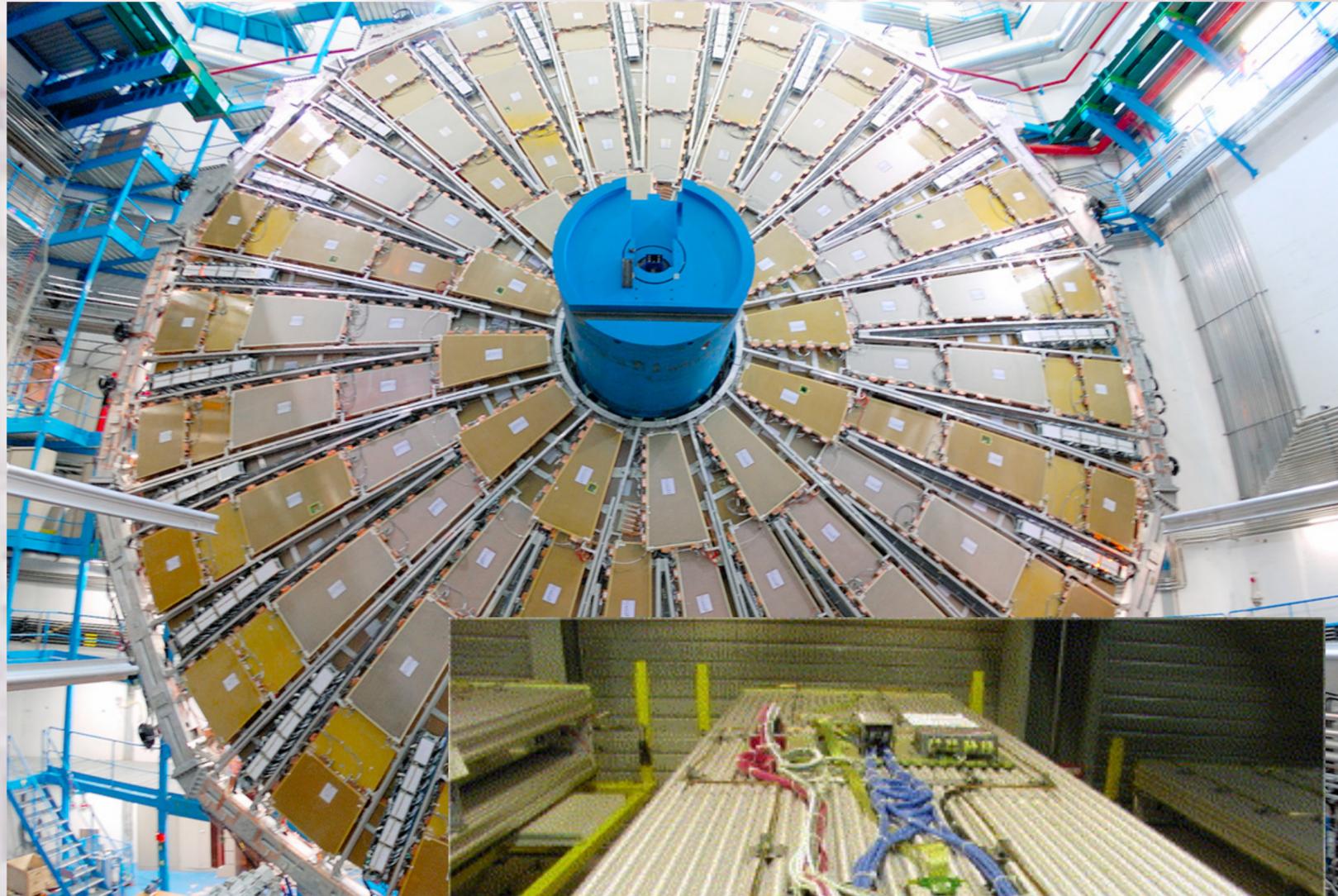
- Composto da strati alternati di **piombo** e **argon liquido**
- Il **segnale** viene estratto dagli strati di **argon**
- Il piombo serve solo a “rallentare” le particelle che arrivano dalle collisioni
- La misura è più complicata!

Calorimetro adronico

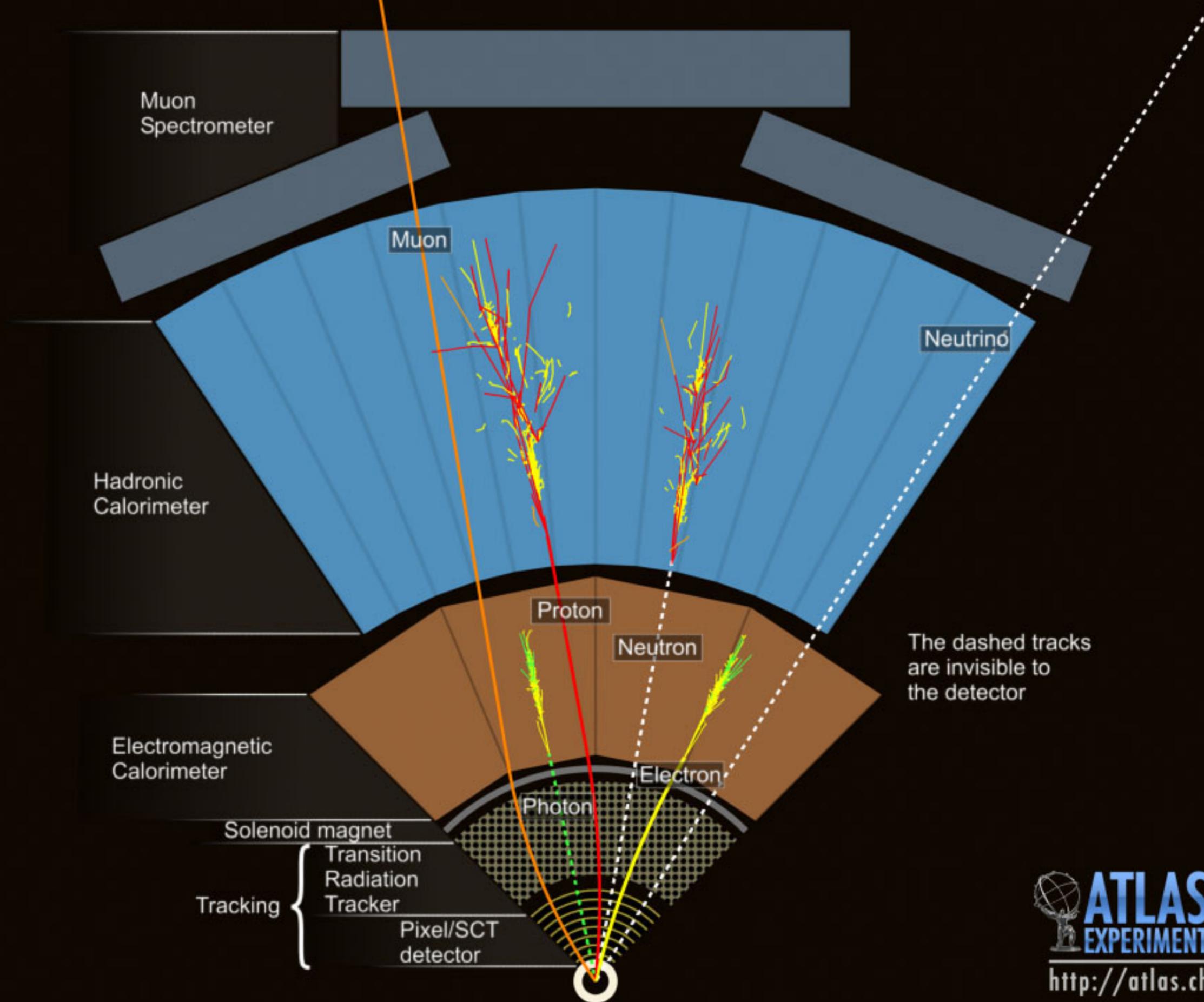


- Fermare particelle pesanti è più complicato che fermare quelle leggere
- Il calorimetro adronico è più **esterno** di quello elettromagnetico
- Calorimetro a sampling
- Il materiale usato è diverso, più denso
- In questo caso il **meccanismo** per produrre il segnale è più **complesso**

Il tracciatore per i muoni



- I muoni interagiscono pochissimo e attraversano il rivelatore indisturbati
- Per sapere quanta energia portano via, la superficie esterna di ATLAS è coperta di rivelatori a gas su più strati
- I rivelatori non fermano i muoni ma ci dicono dove sono passati
- Dal momento che un campo magnetico curva le loro tracce, possiamo anche stimare la loro energia.

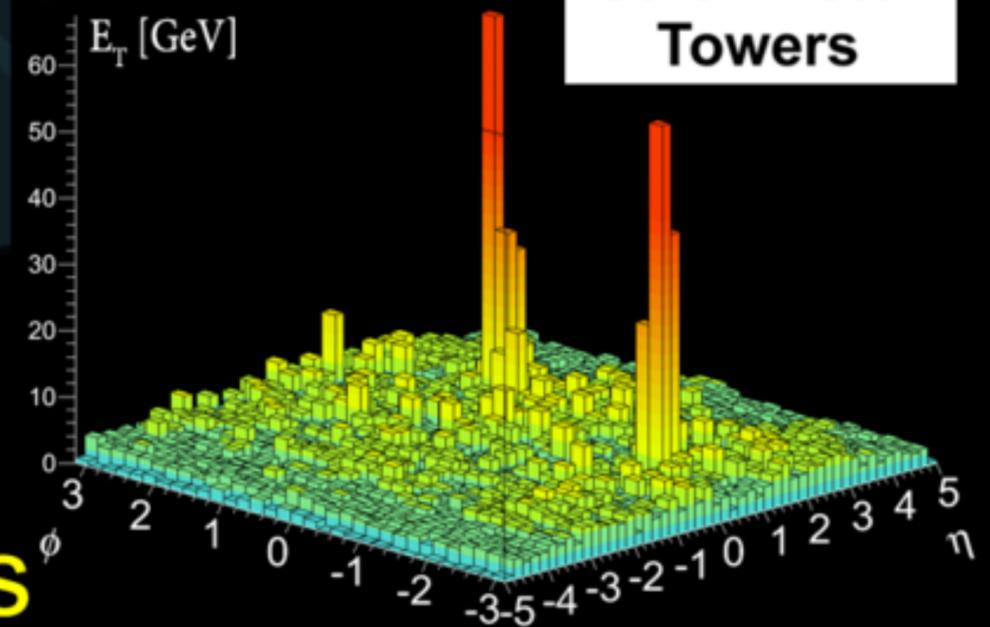
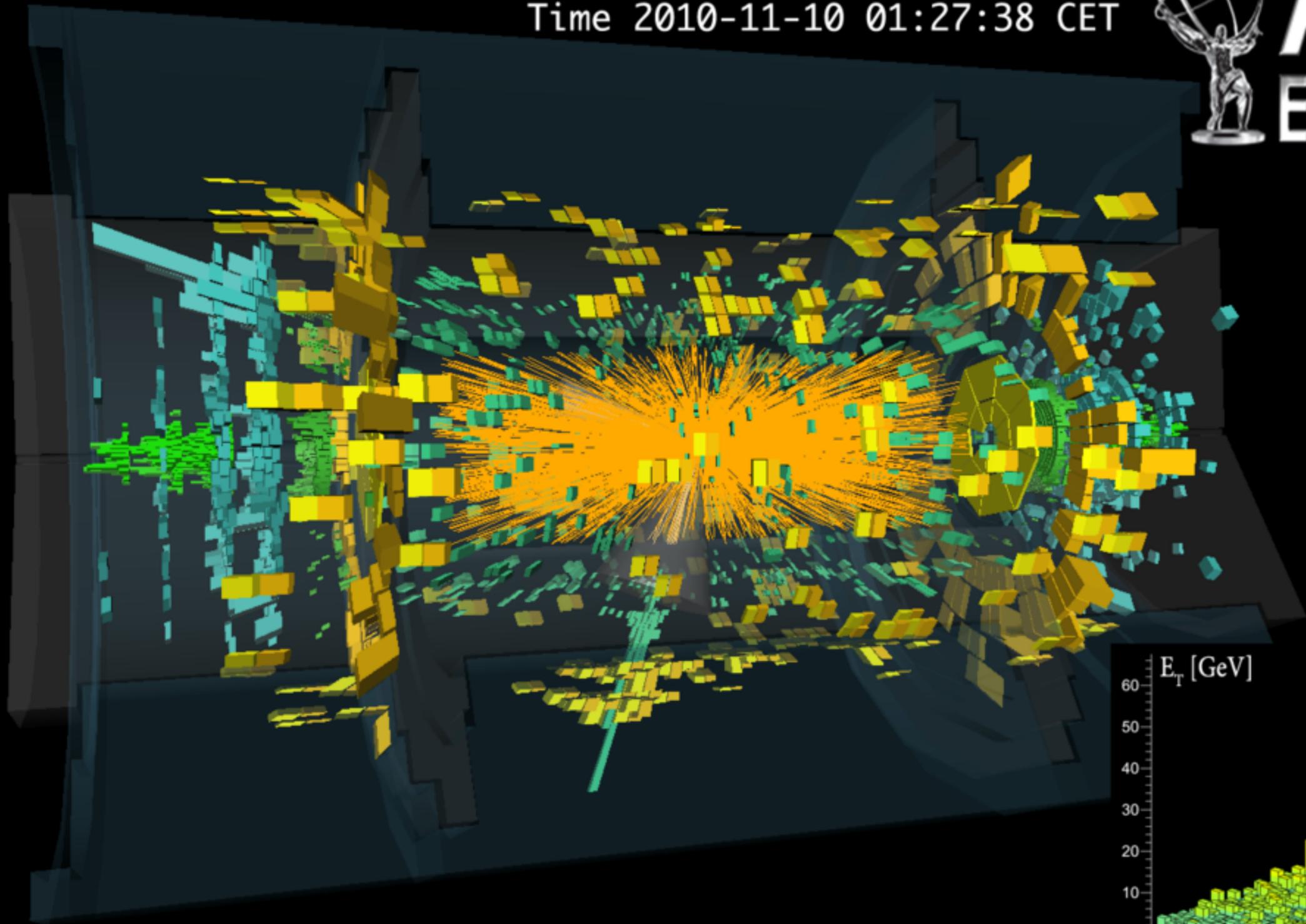


Run 168875, Event 1577540
Time 2010-11-10 01:27:38 CET

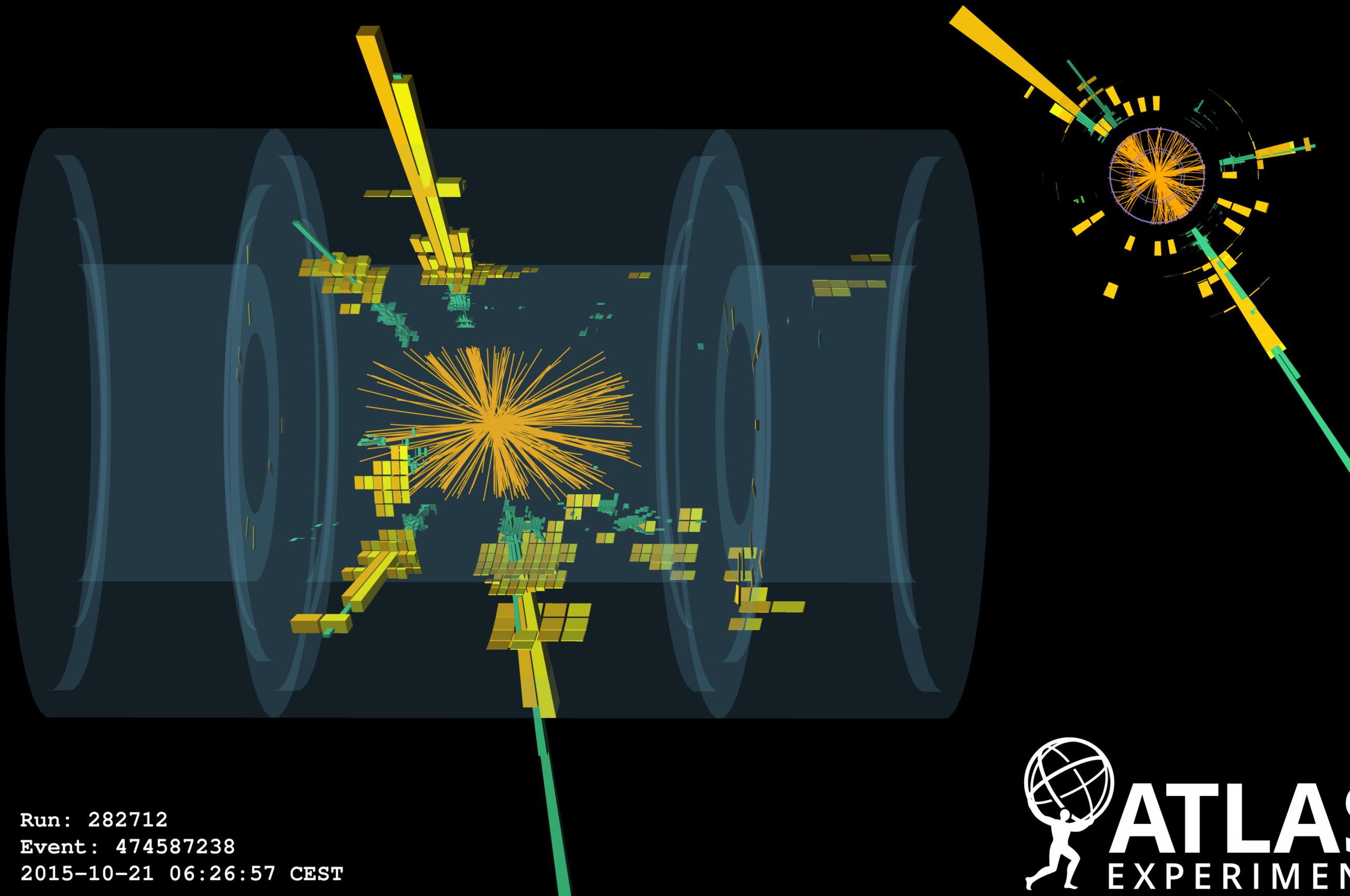


ATLAS

EXPERIMENT

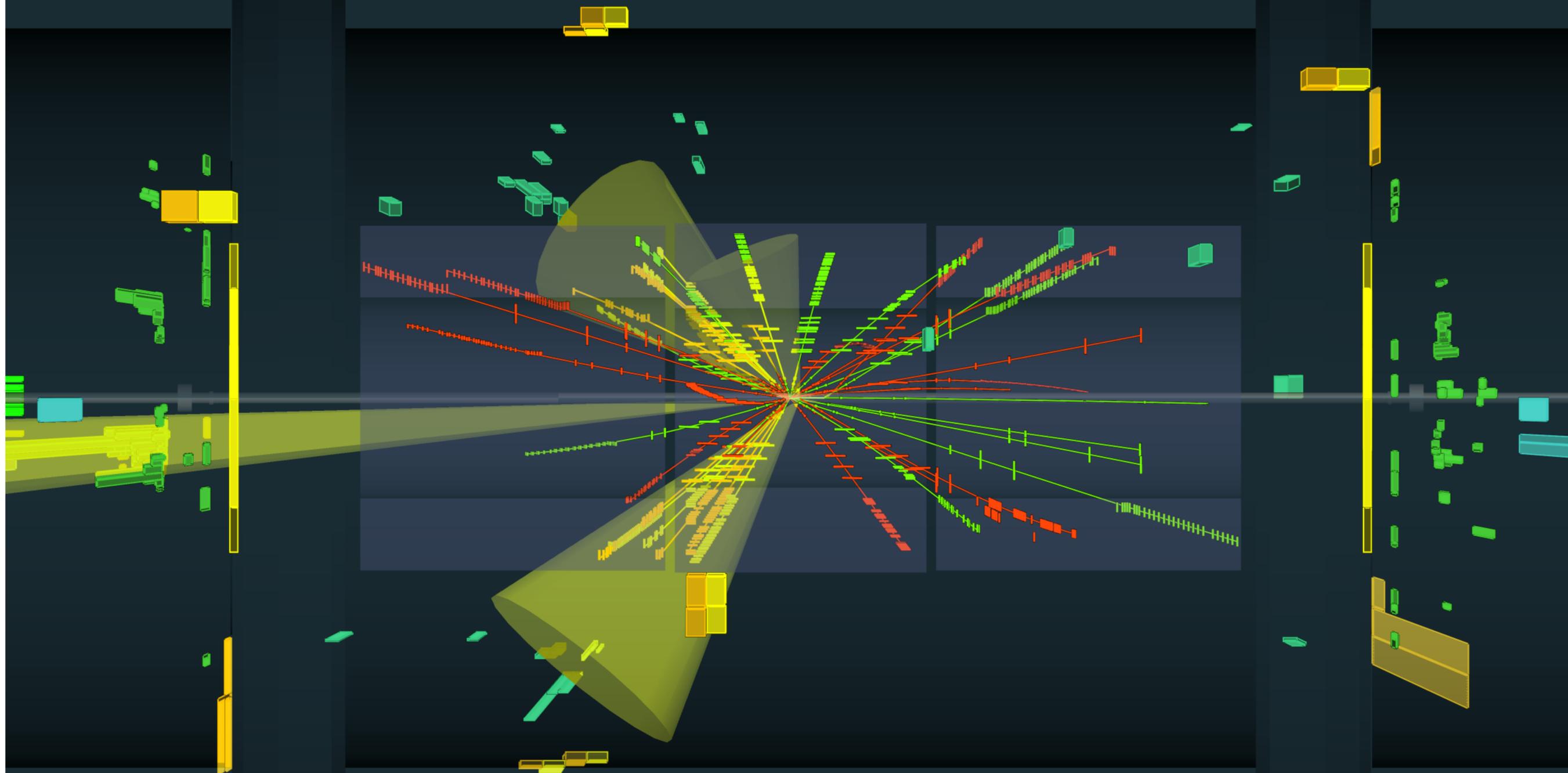


Heavy Ion Collision Event with 2 Jets



Run: 282712
Event: 474587238
2015-10-21 06:26:57 CEST





Jet Event at 2.36 TeV Collision Energy

2009-12-14, 04:30 CET, Run 142308, Event 482137

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

The image shows the interior of a large particle accelerator tunnel. The central feature is a large, circular, white structure, likely the injection region or a specific section of the accelerator. This central structure is surrounded by a complex arrangement of blue and yellow components, possibly magnets or diagnostic equipment. The tunnel walls are lined with various pipes, cables, and structural elements, all in a clean, industrial setting. The lighting is bright and even, highlighting the intricate details of the machinery.

GRAZIE MILLE DELL'ATTENZIONE