



# AMS02

## Il cacciatore di antimateria nello spazio



Emanuele Fiandrini  
Università degli Studi di Perugia  
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Liceo Scientifico "R. Donatelli"  
Terni, 21 Novembre 2013



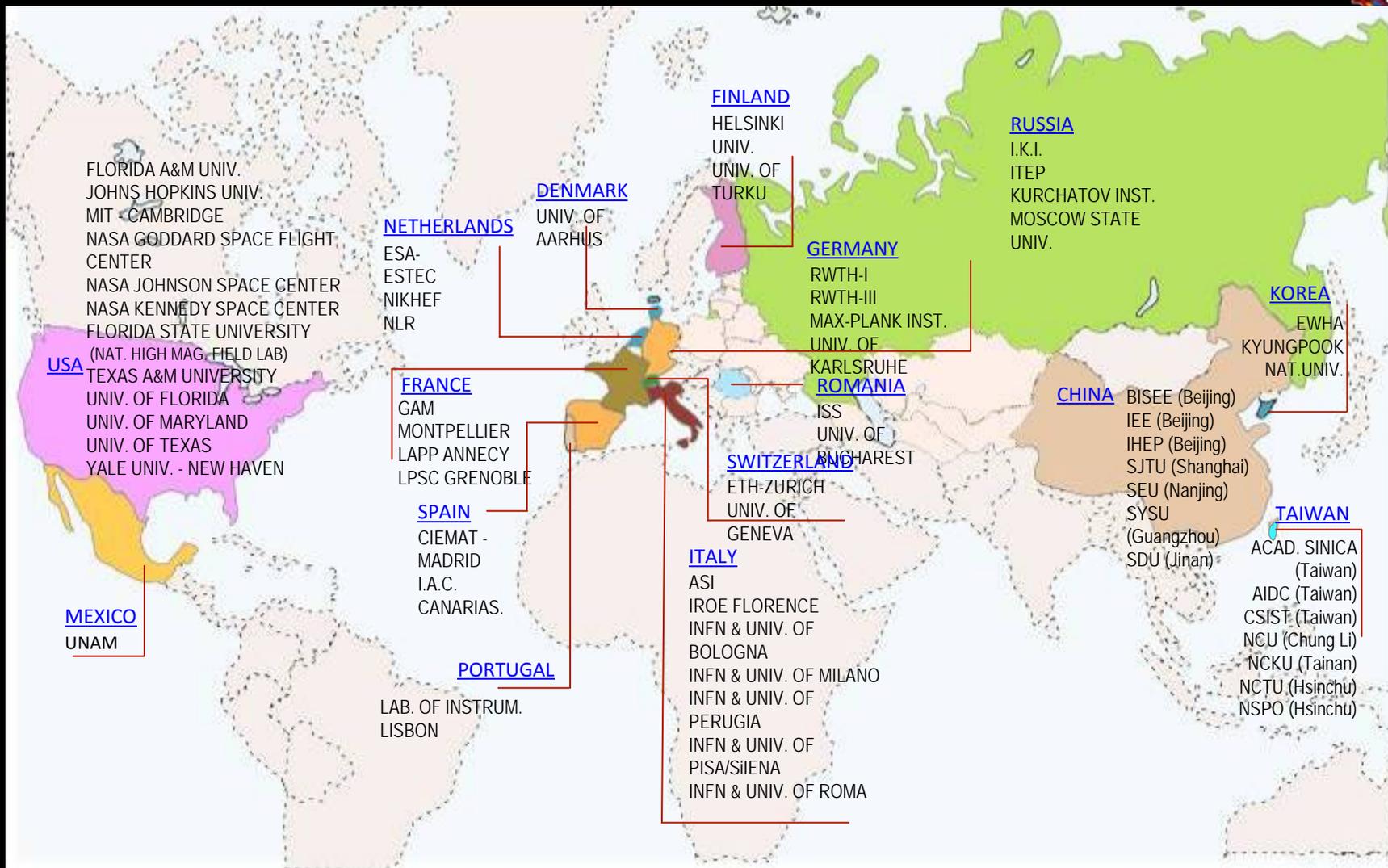
# Alpha Magnetic Spectrometer

Alpha Magnetic Spectrometer (AMS) è un esperimento di fisica delle particelle realizzato per operare nello spazio

AMS è installato sul braccio della Stazione Spaziale Internazionale dal 19 Maggio 2011



# La collaborazione Internazionale



17 anni, 16 Nazioni, 60 Istituti, 600 fisici/ingegneri coordinati dal premio Nobel S. Ting



# La partecipazione Italiana



L'Italia ha avuto ed ha un ruolo di primissimo piano nella collaborazione scientifica

Università

→ Ricercatori, Tecnici, strutture di laboratorio

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

→ Ricercatori, Tecnici, strutture di laboratorio + fondi di ricerca (strumentazione, mobilità)

Le sedi:

Milano Bicocca, Bologna, Pisa, Perugia, Roma "La Sapienza"

Agenzia Spaziale Italiana

→ supporto industriale + fondi di ricerca (strumentazione, mobilità)

+ laureandi, dottorandi, borsisti post-doc



# Perugia/Terni



Perugia, Dipartimento di Fisica e Sezione INFN:

- Clean Room per assemblaggio hardware
- Laboratorio di elettronica per test elettrici ed elettronici
- Farm di computers per l'analisi dei dati



Terni, Dipartimento di Ingegneria dei Materiali:  
□ Laboratorio SERMS per i test di vibrazione e termovuoto per la qualifica spaziale dei componenti



# Perché?

Proviamo a fare I popcorn senza mettere il coperchio?



Perché siamo curiosi di sapere.  
Come funziona tutto quanto?



# La scienza di AMS:



AMS studia i **raggi cosmici** che arrivano dallo **spazio profondo** con le tecniche proprie della **fisica delle particelle** per

**Fisica Fondamentale.** Quali sono i meccanismi che hanno dato vita all'Universo e lo governano, in particolare

- Ricerca di Anti-Materia di origine primordiale (anti-nuclei)
- Ricerca indiretta di Materia Oscura (anti-protoni, positroni, luce di altissima energia)

**Astrofisica.** Scoprire le modalità con cui vengono emessi e giungono fino a noi i “raggi cosmici”, ovvero

- Misura di precisione degli spettri energetici e della composizione della radiazione cosmica



# Cosa sono i raggi cosmici?



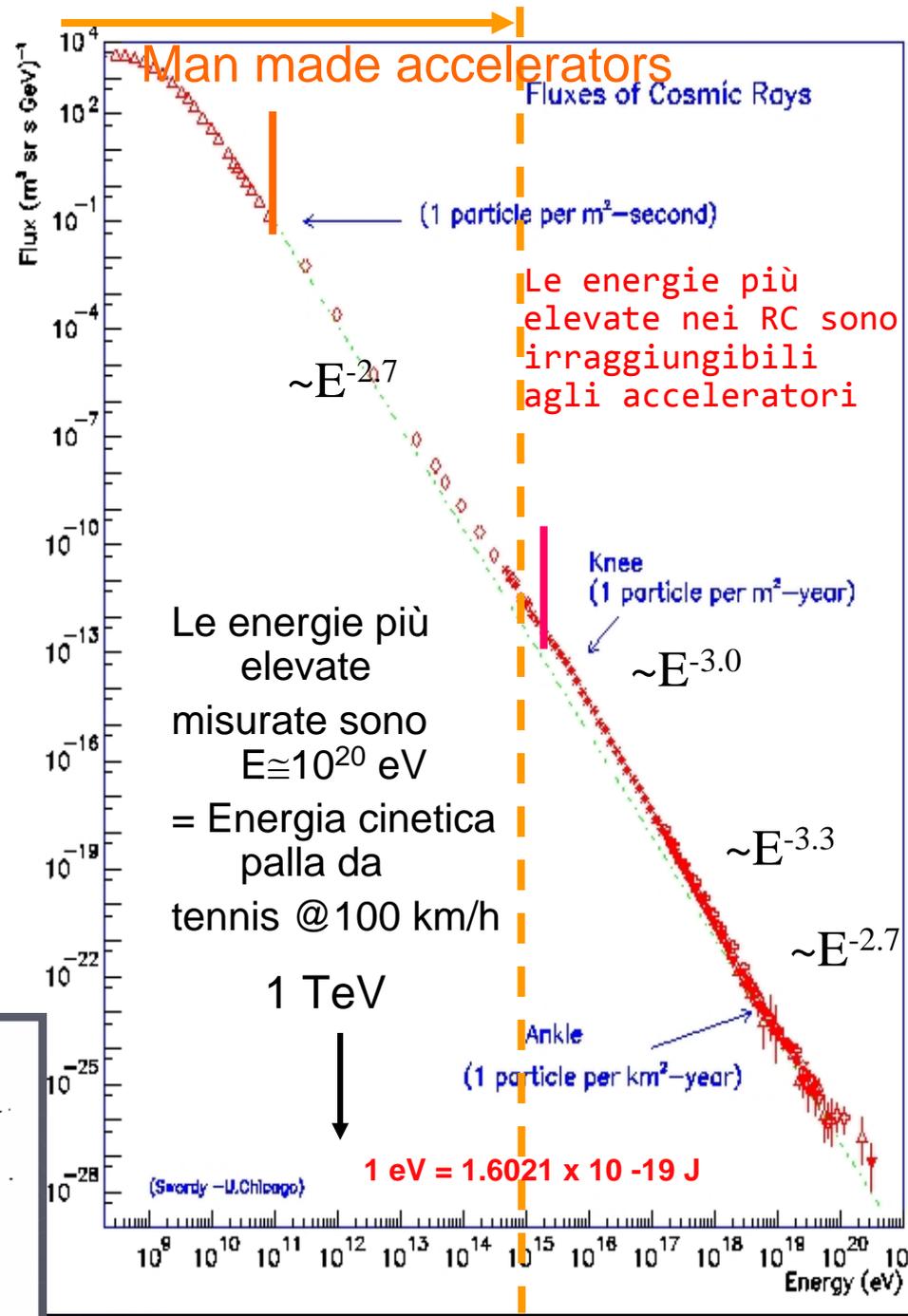
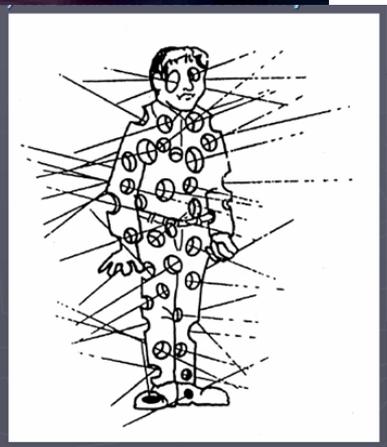
Raggi cosmici: un flusso continuo di particelle elementari cariche e neutre (p, He, Nuclei,  $e^\pm$ , fotoni) che colpiscono la sommità dell'atmosfera dallo spazio esterno

Mazinga Z?



- $\Phi_{TOT} \sim 10000 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}$
- Misure dirette: 85% p, 12% He,  $\approx 1\%$  nuclei pesanti,  $\approx 2\%$   $e^\pm$ , antiprotoni + fotoni
- Si estende per 13 ordini di grandezza in energia
- Per 32 ordini di grandezza in flusso
- Legge di potenza su tutto lo spettro

Sulla superficie terrestre il flusso di RC che ci attraversa e' di  $\sim 200 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}$







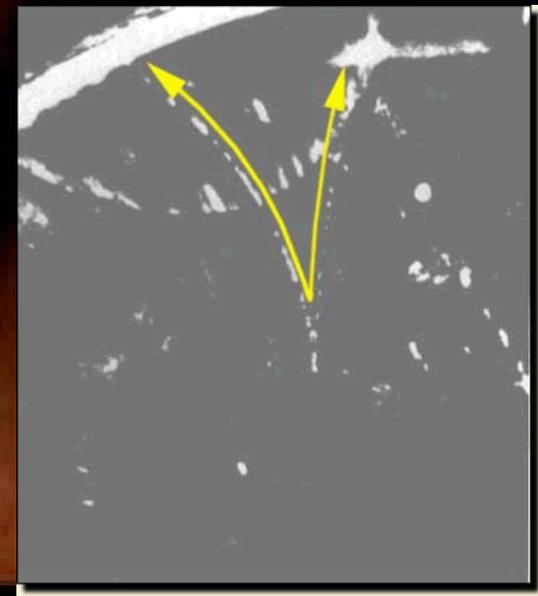
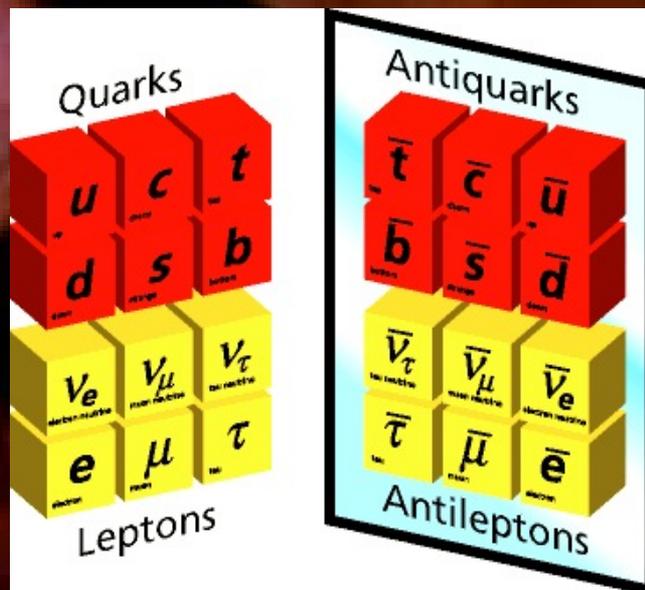
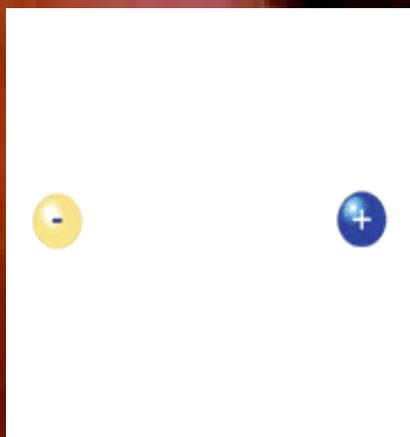
# AMS-02 può studiare...



1' antimateria



La materia e' una *forma* che l'energia assume:  
quando si converte "*deve*" apparire in due forme  
complementari: materia e anti-materia.



Evidenza sperimentale dell'equivalenza  
massa - energia



# AMS-02 può studiare...



**1' antimateria**

Il Big Bang prevede che materia e antimateria siano state prodotte in egual misura.

**Allora perché ciò che ci circonda è in prevalenza sola materia?**



LHC - CERN

A LHC si cercano quei meccanismi fisici che potrebbero aver generato una asimmetria materia/antimateria.



AMS in Space

L'asimmetria osservata richiede il verificarsi di condizioni (dette di Sakharov) non osservate nei laboratori sulla Terra.

Quindi non è da escludere la possibilità che antimateria nucleare esista in regioni remote dell'universo



# AMS-02 può studiare ...



## Domini di anti-materia?

La nostra esperienza quotidiana è di Materia:

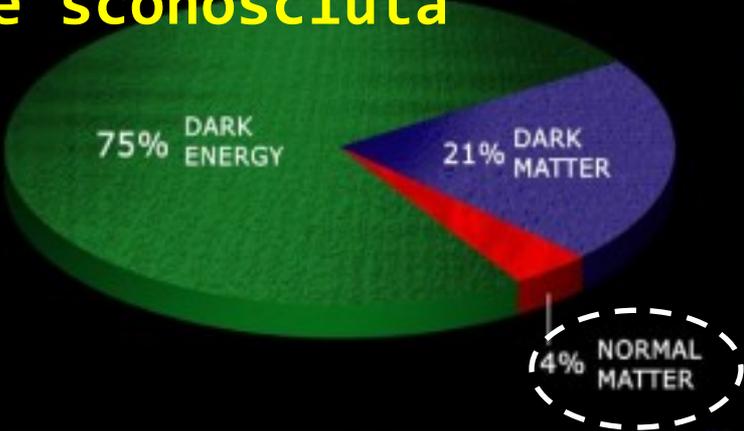
- atomi con nucleo di carica positiva ed elettroni negativi
- non osserviamo esplosioni dovute all'incontro di materia ed anti-materia nell'universo visibile
- Solo tracce nei RC, negli decadimenti radioattivi e agli acceleratori



Una prova inoppugnabile dell'esistenza di **antimateria nucleare** nell'universo sarebbe trovare dei nuclei di anti-elio o anti-carbonio prodotti da processi simili a quelli che avvengono nelle nostre stelle...  
solo fatte di antimateria

AMS ha già contato centinaia di milioni di nuclei di He nello spazio cercandone almeno uno con il segno della carica "sbagliato" ...

La natura del 96% del contenuto di massa-energia dell'universo è sconosciuta



la materia oscura

Materia che:

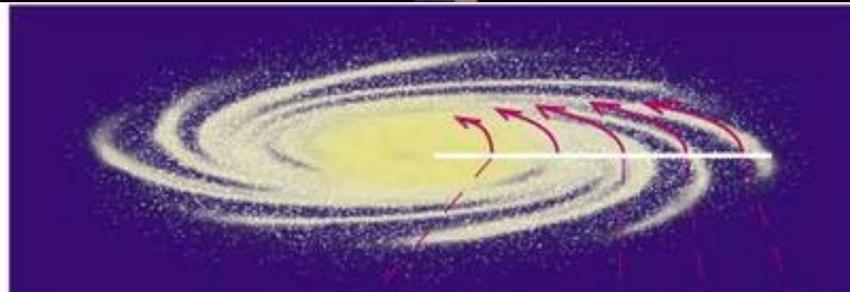
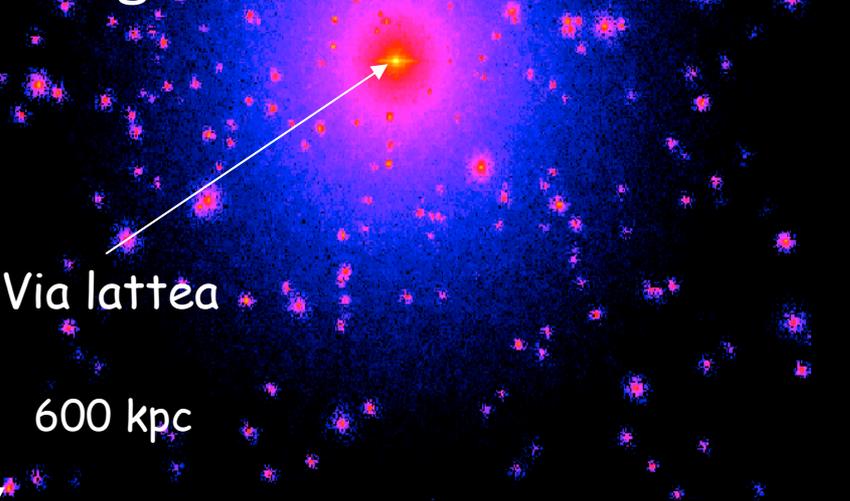
- non emette luce in nessuna porzione dello spettro
- non è quindi composta di quarks, leptoni o quanto conosciamo nel mondo delle particelle elementari
- Sappiamo che esiste per i suoi effetti gravitazionali sulla materia luminosa (velocita' di rotazione delle galassie, dispersione di velocita' negli ammassi, anisotropie nel CMB)

# Materia oscura

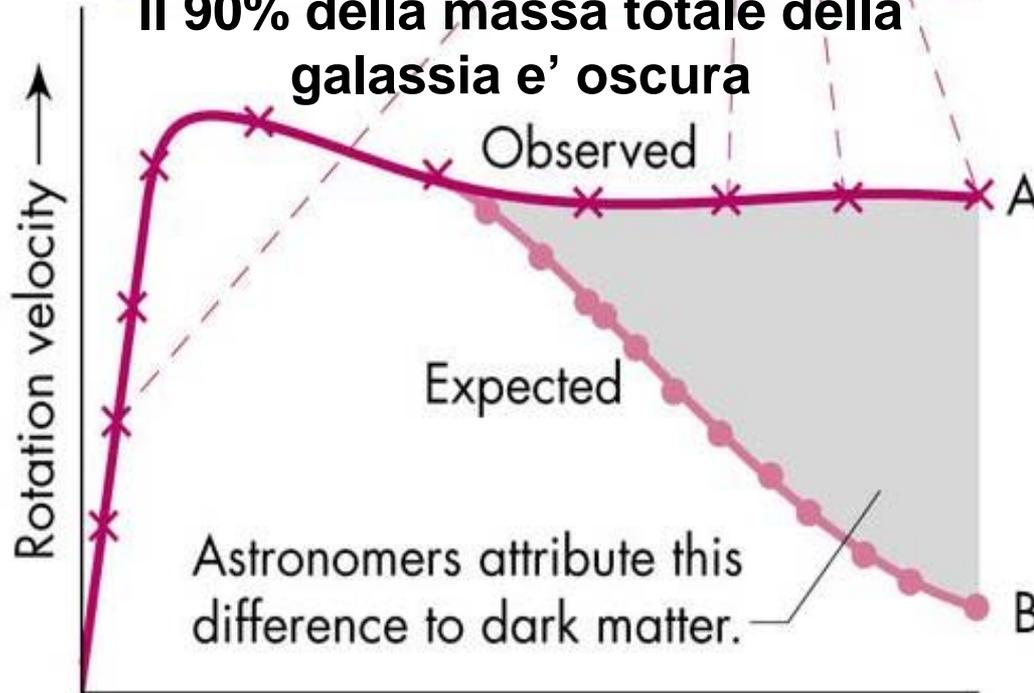
La velocità di rotazione delle stelle a distanza  $R$  dal centro galattico dipende dalla massa nel volume di raggio  $R$ :  $V_r = [GM(R)/R]^{1/2}$

La distribuzione di velocità delle stelle della galassia non segue la distribuzione della massa luminosa

Ci **DEVE** essere un alone di materia oscura che agisce solo gravitazionalmente



**Il 90% della massa totale della galassia e' oscura**



Distance from center of galaxy →

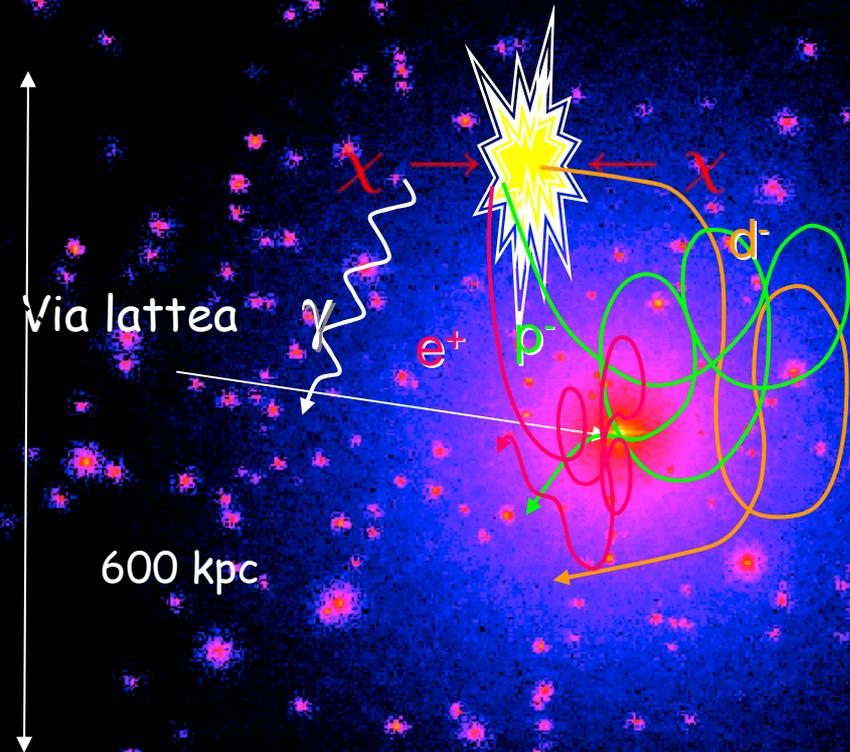


# Come cercarla con AMS?



La materia oscura potrebbe essere costituita da particelle elementari, non ancora scoperte agli acceleratori, ammassate dalla gravita' in un **alone** che circonda la galassia

Per esempio fatta delle particelle supersimmetriche piu' leggere previste da estensioni del Modello Standard delle particelle elementari, i neutralini  $\chi$



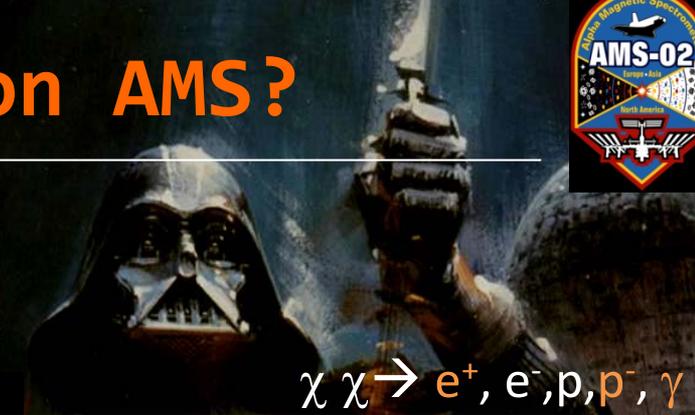
A LHC potrebbero essere prodotte, e quindi scoperte, le particelle che costituiscono la materia oscura.

La materia oscura annichila in particelle "standard"

$$\chi \chi \rightarrow e^+, e^-, p, p^-, \gamma$$



# Come cercarla con AMS?

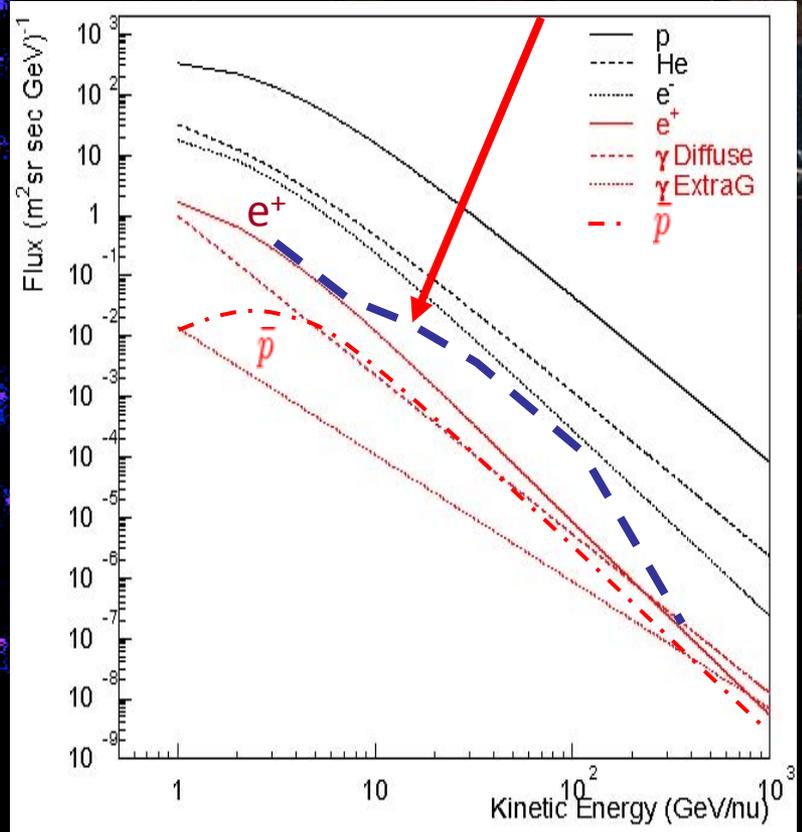


$$\chi \chi \rightarrow e^+, e^-, p, \bar{p}, \gamma$$

Gli  $e^+$ ,  $e^-$ ,  $p$ ,  $\bar{p}$ ,  $\gamma$  prodotti dalle annichilazioni diventano parte dei raggi cosmici che si propagano nella galassia

I segnali aspettati sono deboli e confusi tra le particelle prodotte da processi astrofisici "standard", come il proverbiale ago nel pagliaio

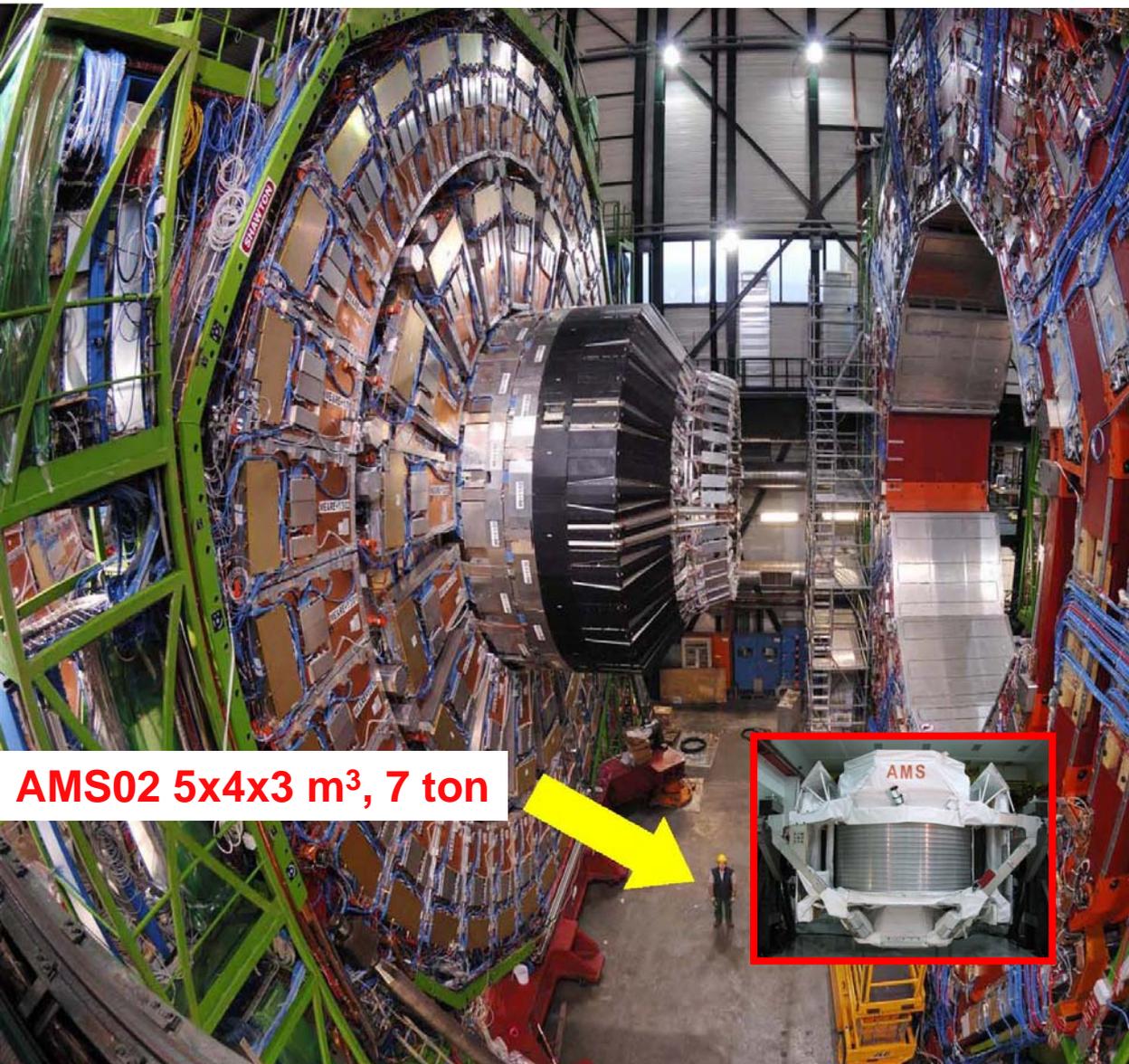
Cerchiamo un eccesso di anti-materia nei raggi cosmici prodotto dall'annichilazione di particelle di materia oscura



**Per questo e' fondamentale studiare con grandissima precisione il pagliaio (dei raggi cosmici)!!!**



## Esperimento CMS (Compact Muon Solenoid) a LHC: 21x15x15 m<sup>3</sup>, 14.000 ton



Per studiare i raggi cosmici sulla ISS, AMS e' progettato con la stessa precisione e capacita' di rivelazione dei grandi detector di LHC al CERN



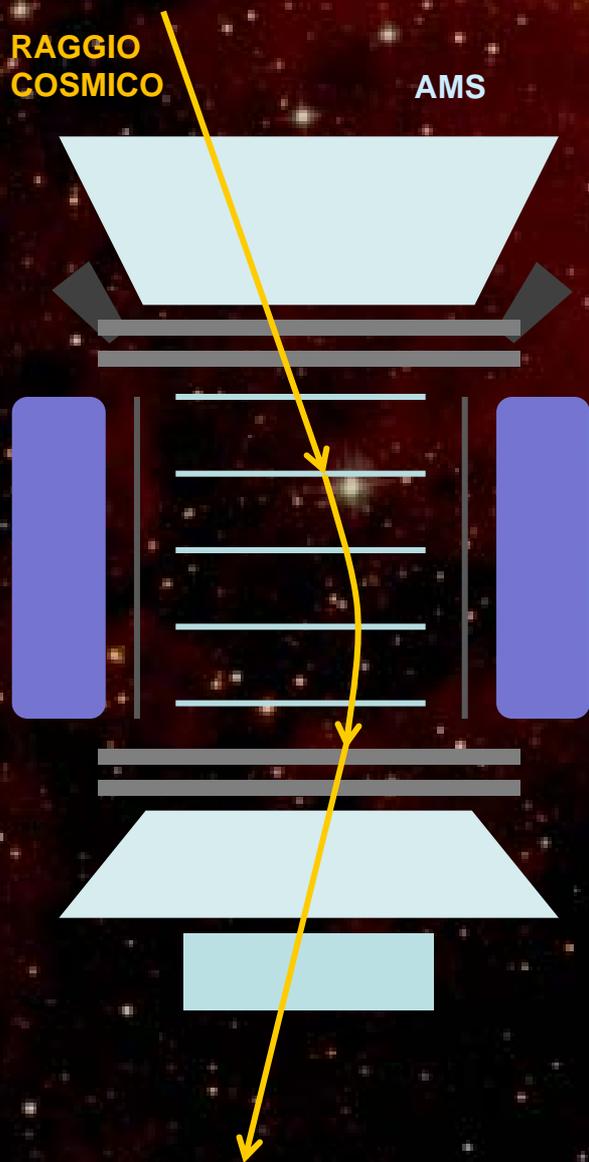
Per installare AMS sulla ISS abbiamo "miniaturizzato" e modificato la tecnologia usata nei detectors del CERN per utilizzarli nello spazio. Queste sono state le maggiori sfide tecniche.

AMS02 5x4x3 m<sup>3</sup>, 7 ton



# AMS: come funziona

Nello spazio, AMS è attraversato da un flusso di raggi cosmici.



Il compito di AMS è quello di:

- **Riconoscere** quali particelle attraversano lo strumento (protoni, elettroni, nuclei, anti-nuclei...)
- Misurare la loro **energia**
- Determinare la loro **direzione** di arrivo
- Contare **quante** particelle arrivano



protoni

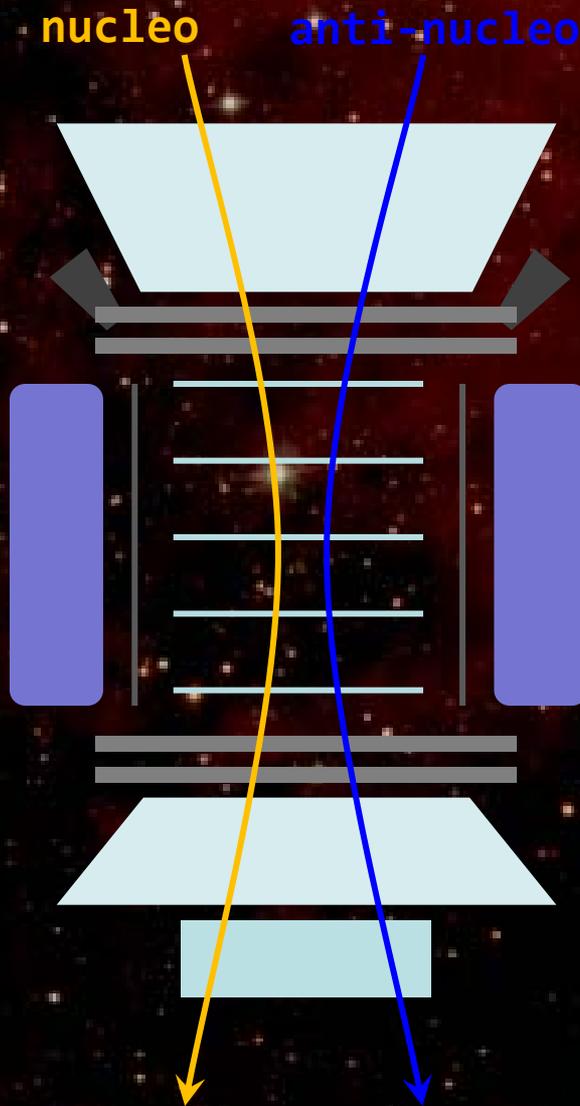
e<sup>-</sup>

e<sup>+</sup>

nuclei

# AMS: come funziona

AMS e' uno spettrometro magnetico



Utilizza un magnete per curvare le particelle che attraversano AMS ed un sistema molto accurato per misurare la deflessione della traiettoria.

Particelle di carica opposta sono curvate in direzioni opposte dal campo magnetico di AMS dalla forza di Lorentz  $F = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ .

Le particelle, passando attraverso AMS, perdono energia nei sotto-rivelatori, dando luogo a **segnali di varia natura** che AMS registra ed elabora.

Da questi segnali, è possibile ricostruire le traiettorie e quindi misurare energia, velocità, carica e massa delle particelle ovvero **distinguere le diverse specie di particelle e contarle**



**INFN**  
Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

# AMS-02: I rivelatori



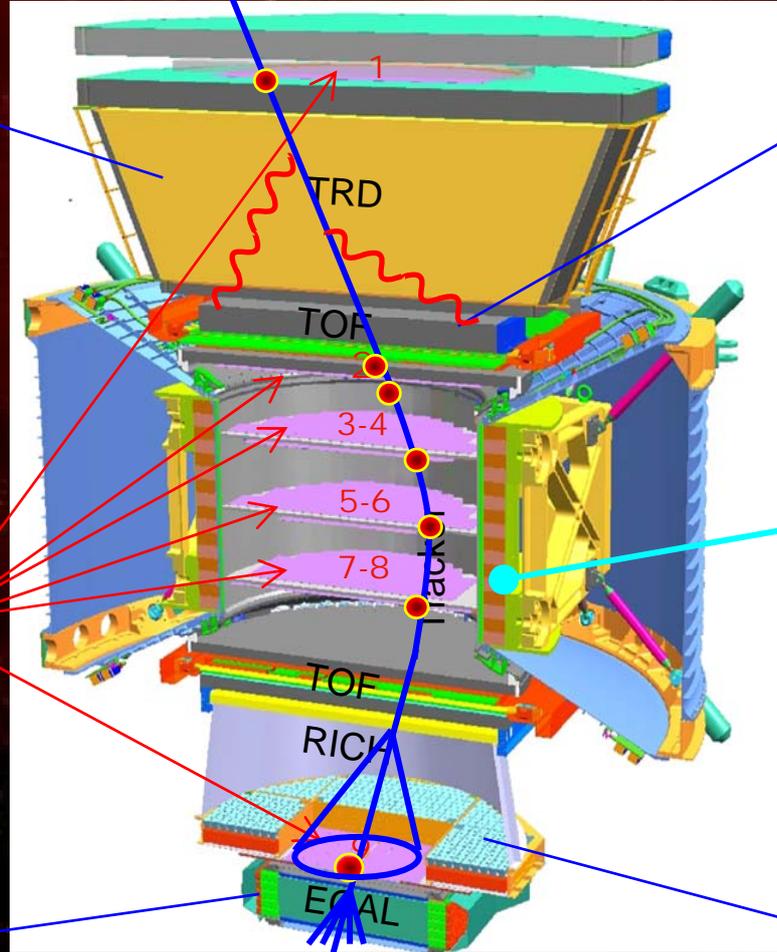
TRD ( $|Q|$ ,  $e/p$ )



Silicon Tracker ( $\pm Q, E$ )



ECAL ( $E$ ,  $e/p$ )



TOF ( $v$ ,  $|Q|$ , trigger)



Permanent Magnet

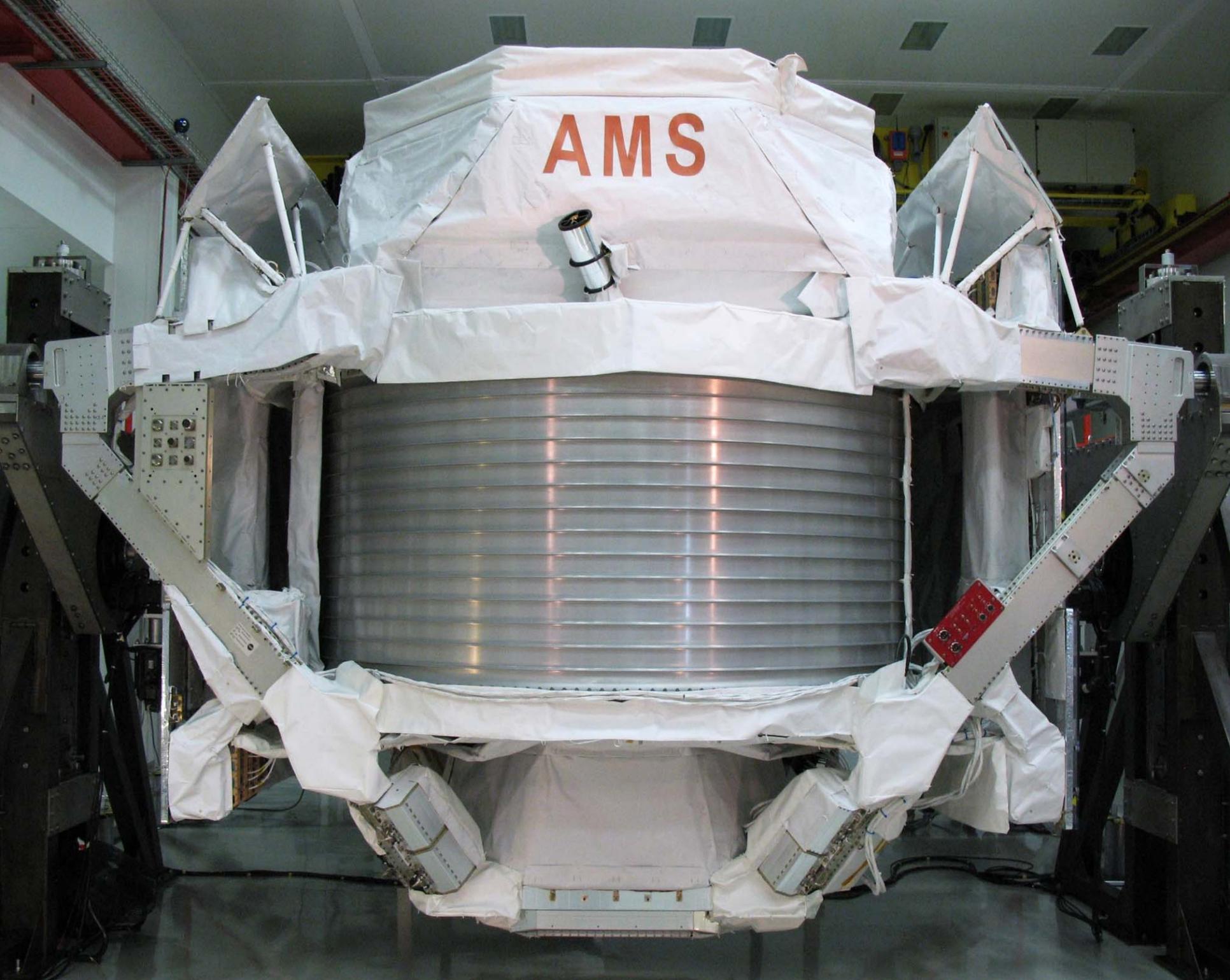


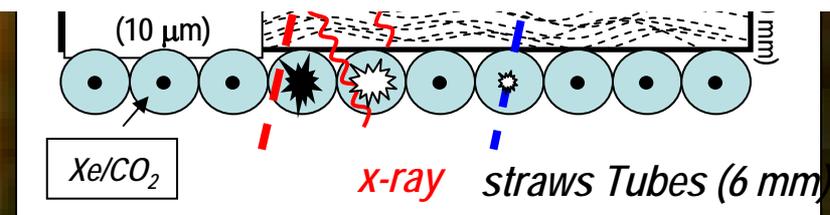
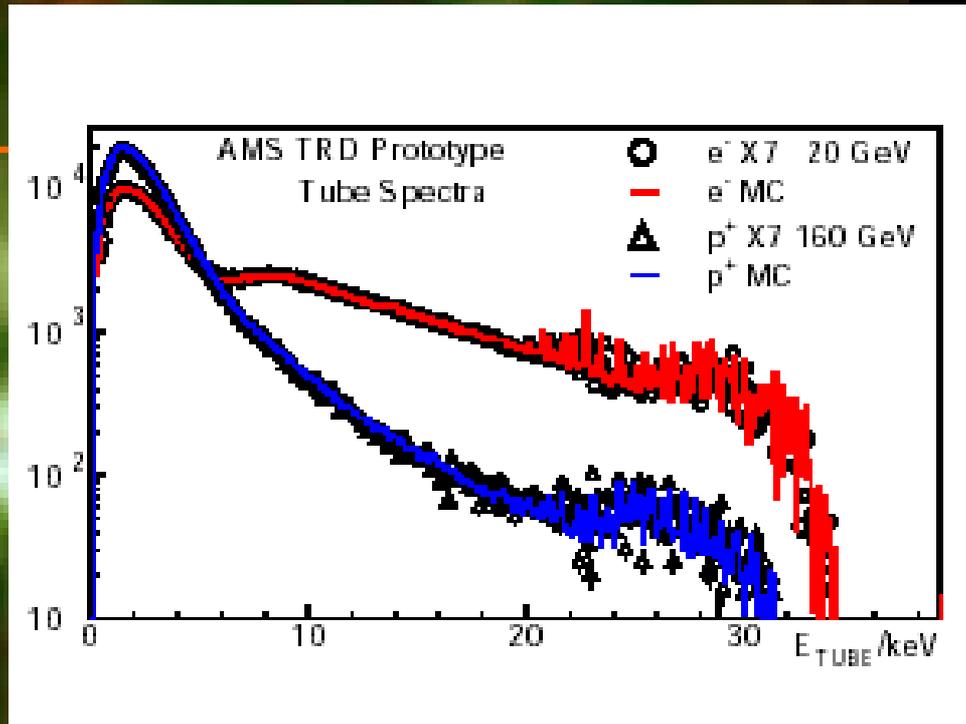
RICH ( $v$ ,  $|Q|$ )



Occorre misurare  $Q$ ,  $E$ ,  $v$   
 Note  $v$  ed  $E$ , si ricava  $m$   
 Misure multiple per minimizzare le  
 incertezze sperimentali

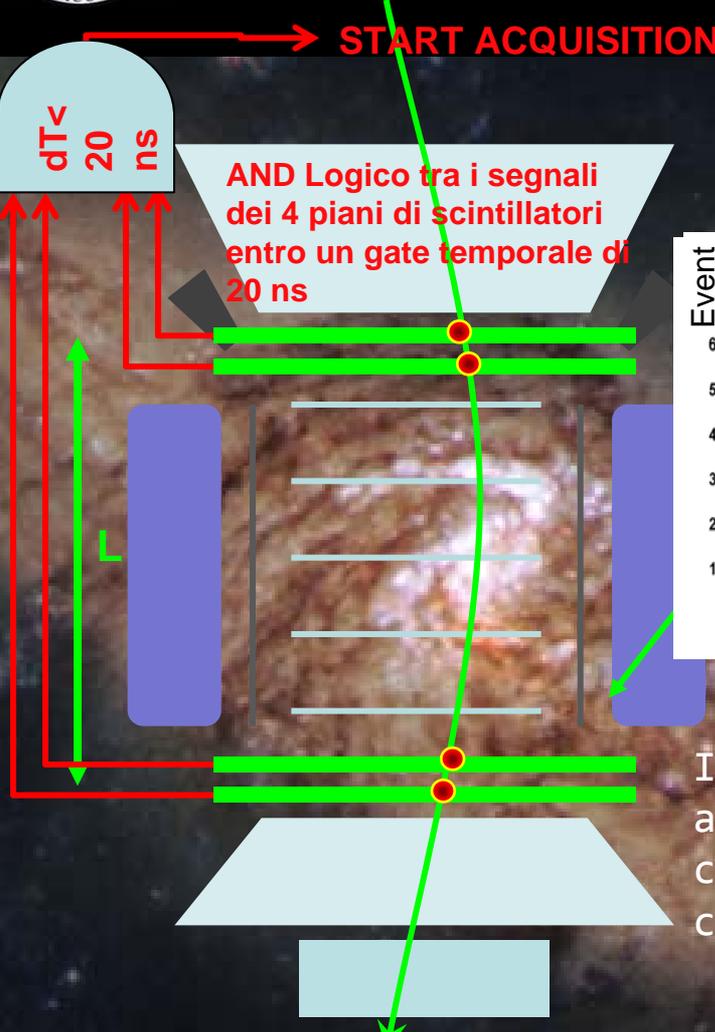
AMS



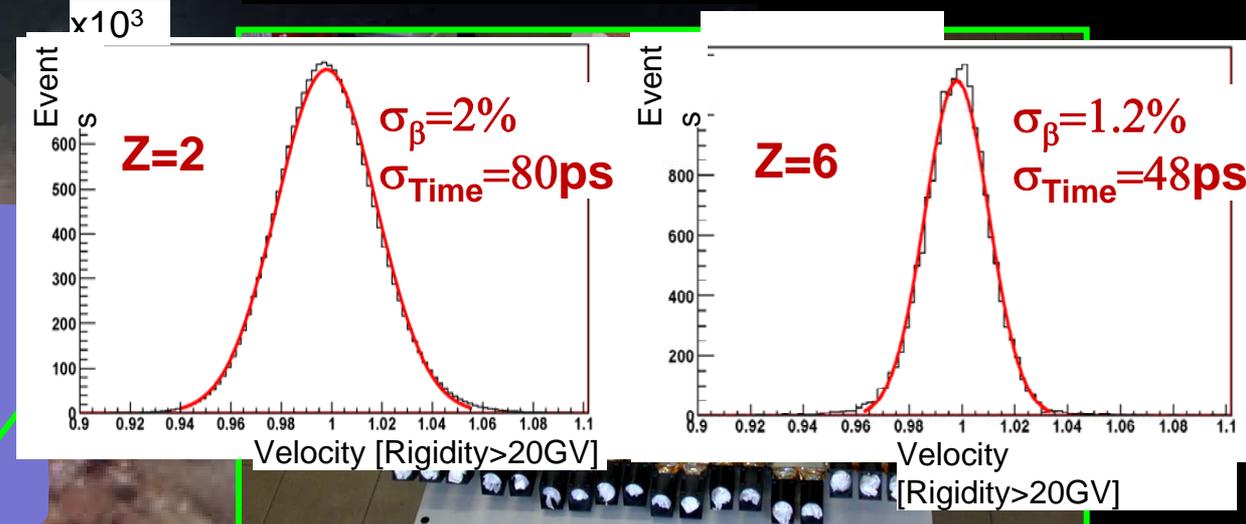


Particelle leggere (ad es. **elettrone**) che attraversano il TRD emettono **raggi-X** che vengono poi rivelati dagli straw tubes in cui convertono in segnali elettrici

Il compito del TRD è quello di **distinguere** le particelle leggere (elettroni, anti-elettroni) da tutte le altre (protoni, nuclei)



## Il TOF è il cronometro di AMS

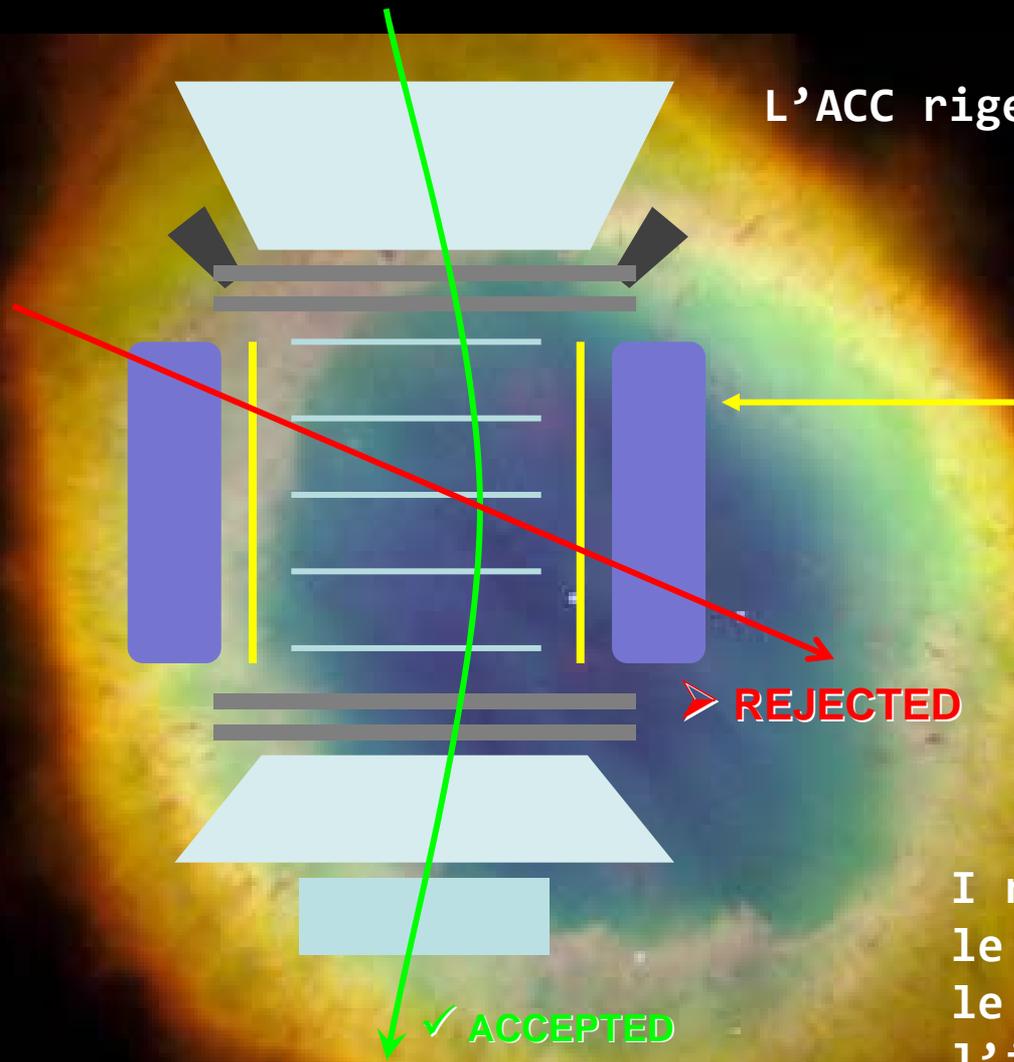


Il TOF ha una risposta molto veloce (pochi ns). Si accorge per primo del passaggio di un raggio cosmico e lo comunica al resto dei sottorivelatori che registrano l'evento.

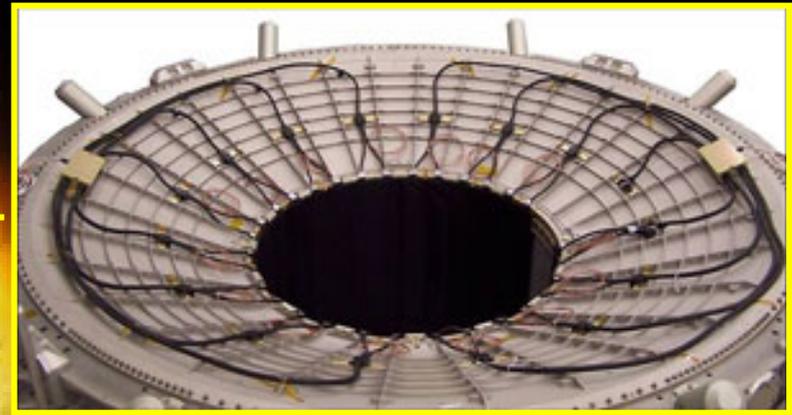
Il compito del TOF è quello di **attivare** gli altri strumenti (trigger)

Il TOF misura la velocità delle particelle, dalla misura del "tempo di volo" T fra gli scintillatori sup e inf.  **$V = L/T$**

Tempo di volo tipico:  
 $1 \text{ m} / 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \approx 3 \text{ ns}$   
 Precisione della misura  
 $\approx 50\text{-}100 \text{ ps}$



L'ACC rigetta le particelle indesiderate.



I raggi cosmici arrivano da tutte le direzioni, ma AMS analizza solo le particelle che attraversano l'intero strumento da cima a fondo.

L'ACC ha lo scopo di **rigettare** le particelle che attraversano AMS **lateralmente**. L'efficienza e' del **99.9999%**

# Ring Imaging Cherenkov (RICH)



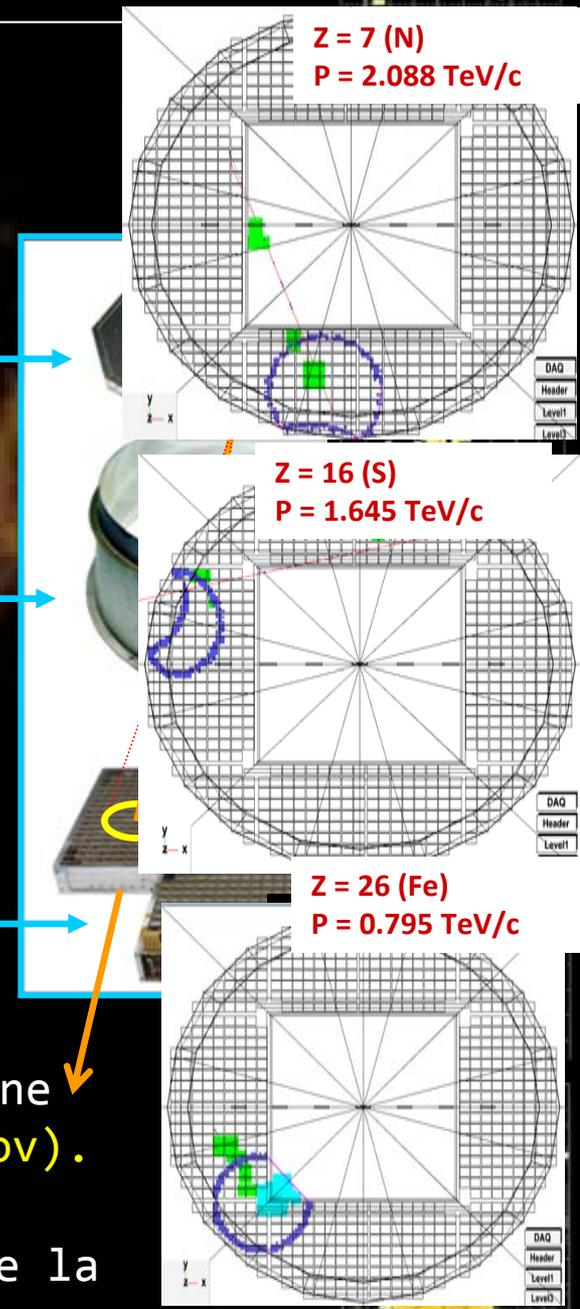
**Radiatore**  
*Particelle che passano nel radiatore emettono anelli di fotoni.*

**Specchio**  
*Anelli troppo ampi sono riflessi in "mezzelune" dallo specchio.*

**Piano di rivelazione**  
*Gli anelli sono fotografati da un piano di **fototubi** a più di 10000 pixels.*

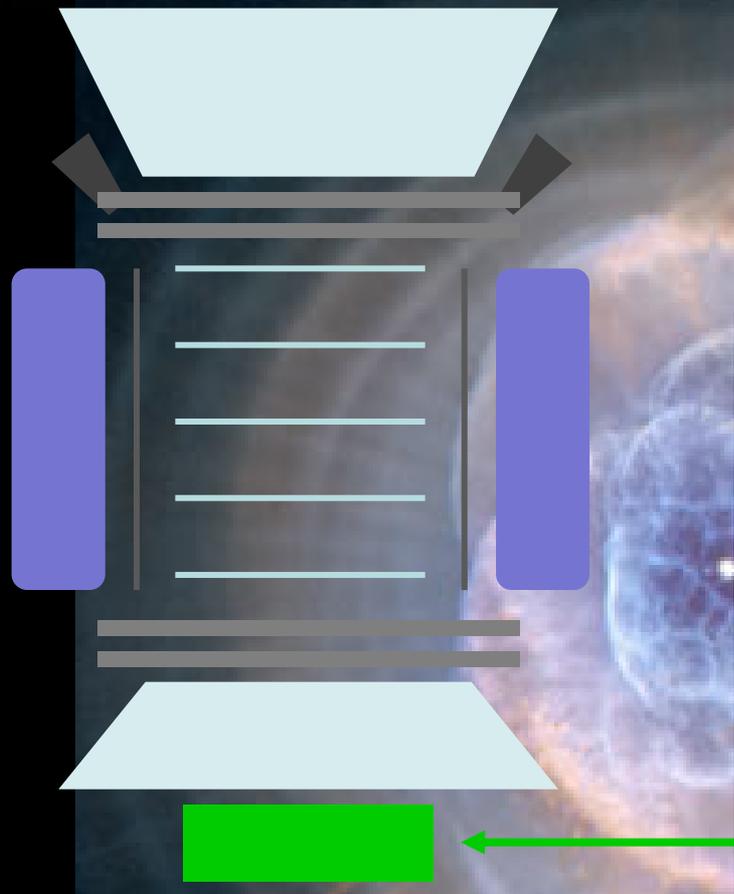
Quando una particella attraversa il RICH, viene prodotto un **anello di luce** (radiazione Cherenkov).

Dallo studio degli anelli, il RICH ricostruisce la **velocità** e la **carica** delle particelle

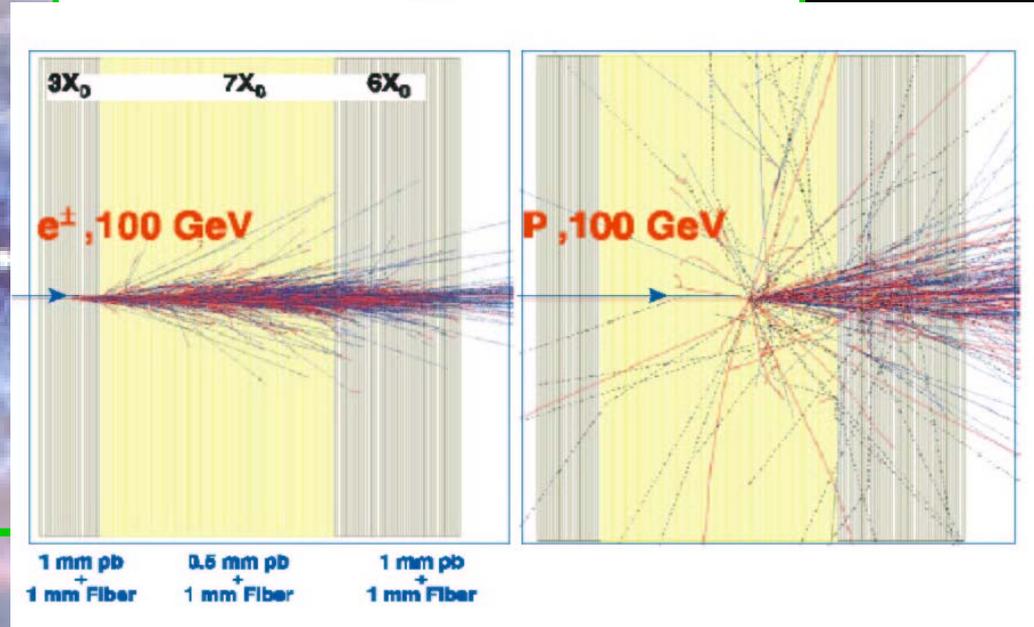




# Calorimetro elettromagnetico (ECAL)



INFN-Pisa



L'ECAL è fatto di piombo e strati sensibili. Le particelle che lo attraversano depositano tutta la loro energia nel ECAL; generano uno **sciame elettromagnetico** che viene poi rivelato attraverso **fibre scintillanti** inserite nel materiale (la luce raccolta e' proporzionale all'energia depositata e viene convertita in segnali elettrici da fotomoltiplicatori).

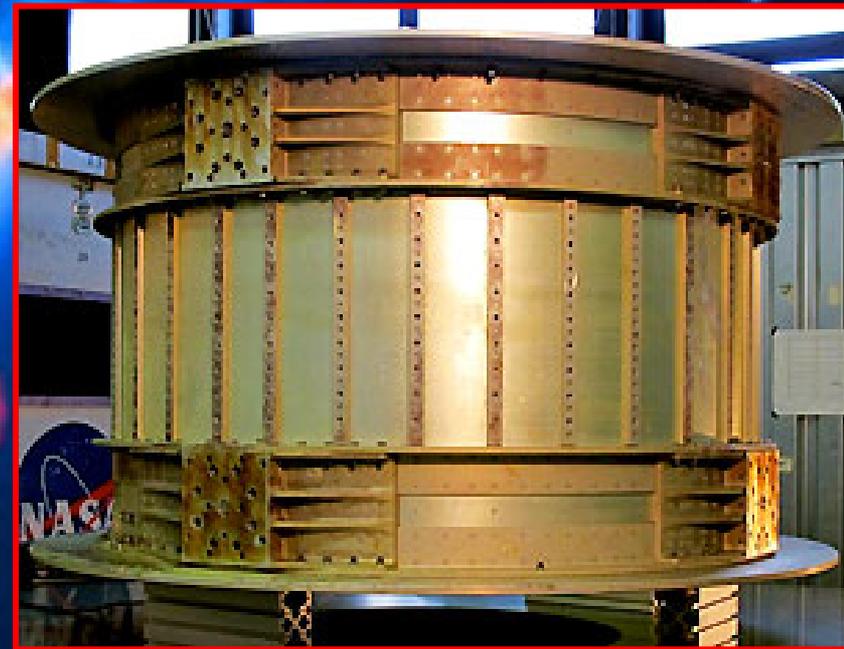
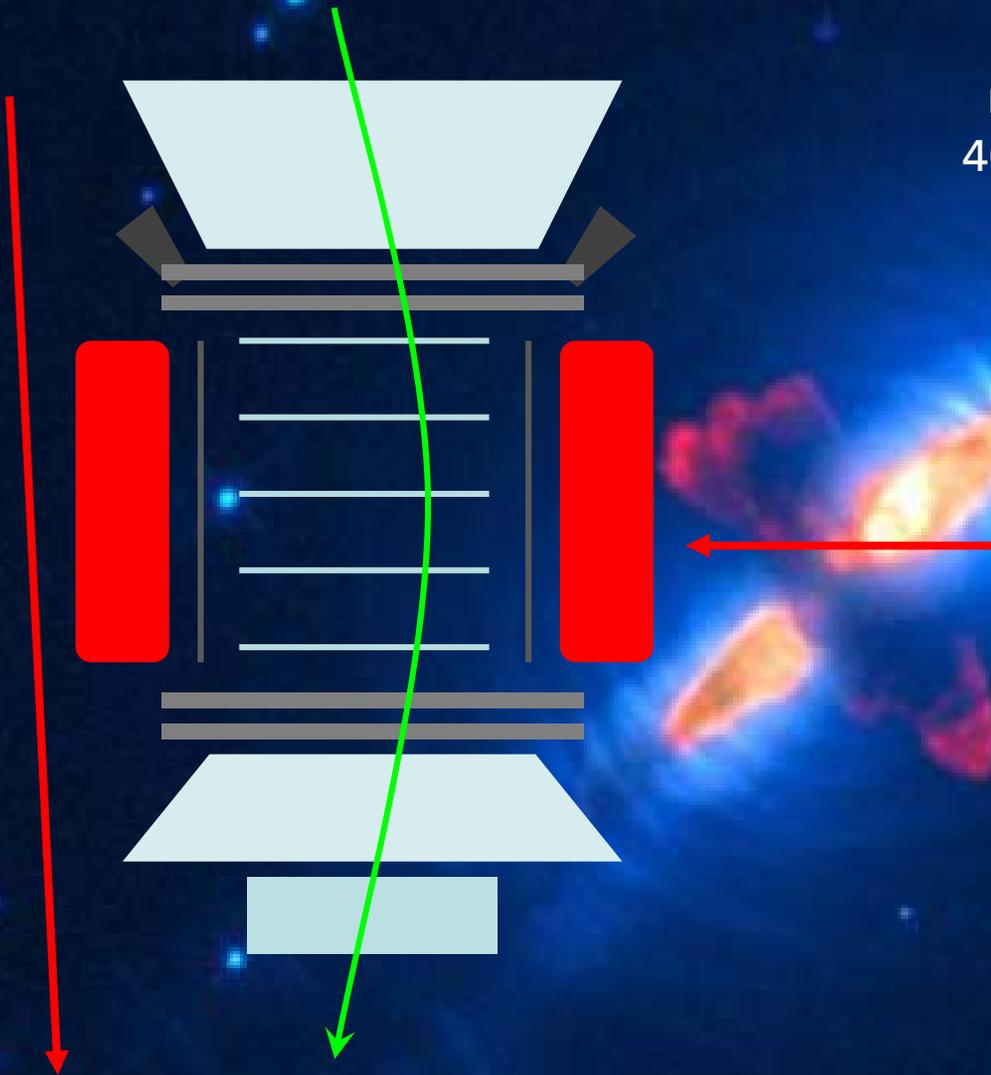
L'ECAL **distingue** elettroni, positroni e raggi gamma da protoni e nuclei, e misura la loro **energia**



# Magnete



Il magnete produce un campo magnetico di 1200 Gauss, circa 4000 volte più intenso del campo magnetico terrestre.

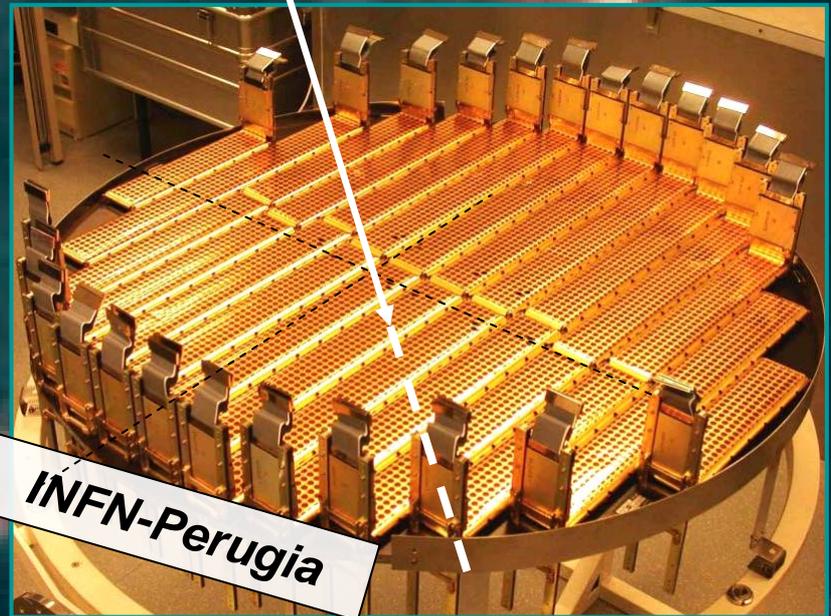


Il magnete ha già operato con successo nella missione AMS-01  
Curva le traiettorie delle particelle che lo attraversano  
La curvatura dipende dalla rigidità magnetica  $R = P/q$

# Tracciatore al Silicio (Si Tracker)



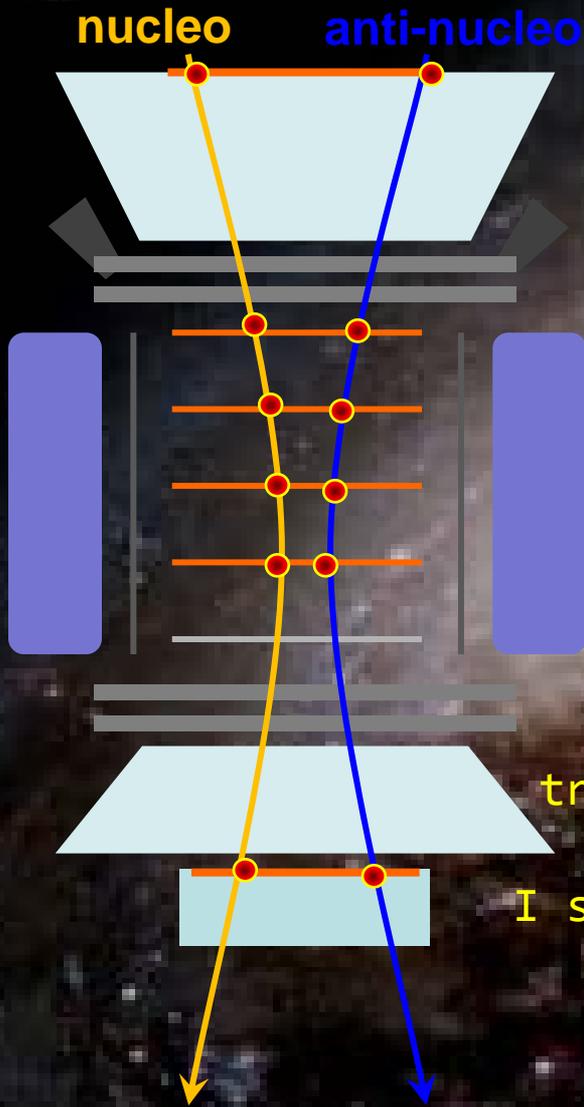
Piano di rivelazione



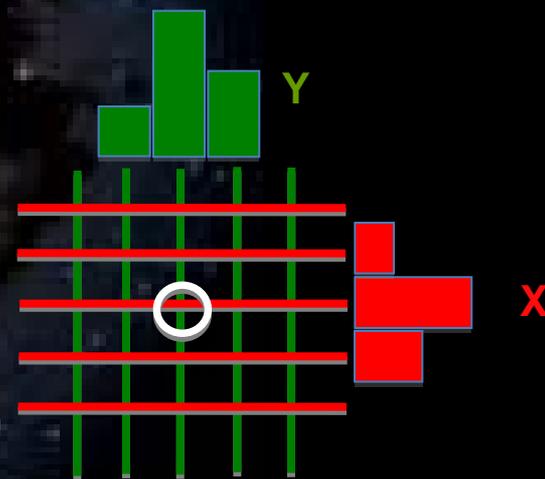
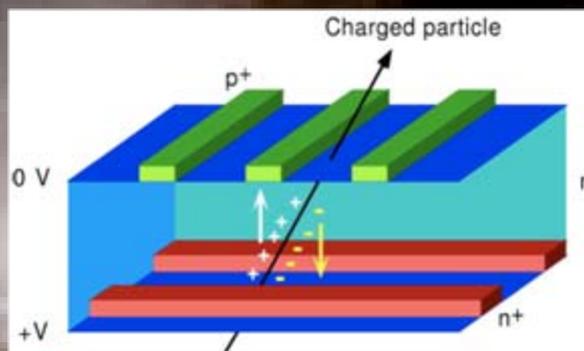
Il Tracker ricostruisce le traiettorie delle particelle che attraversano i 9 piani di silicio all'interno del magnete, misurandone la carica con il segno e l'energia. Dalla combinazione Tracker+RICH e/o Tracker-TOF, si ottiene la misura di massa delle particelle.

Il tracker distingue particelle e **anti-particelle**. Inoltre misura **energia** e **carica**

# AMS: come funziona



Sui due lati di placchette di silicio purissimo di spessore 300  $\mu\text{m}$  sono impiantate microstrip di larghezza pochi  $\mu\text{m}$  distanziate di 100  $\mu\text{m}$  e perpendicolari tra loro



Quando una particella attraversa i piani del tracciatore rilascia energia, generando corrente all'interno dei piani di silicio.

I segnali vengono raccolti sulle microstrip, letti da amplificatori di carica che permettono la ricostruzione della traiettoria 3D della particella

Raccogliendo la carica sulle strip colpite, possiamo misurare il punto di passaggio con precisioni di centesimi di millimetro. La curvatura della traiettoria permette la misura dell'impulso  $p$  della particella

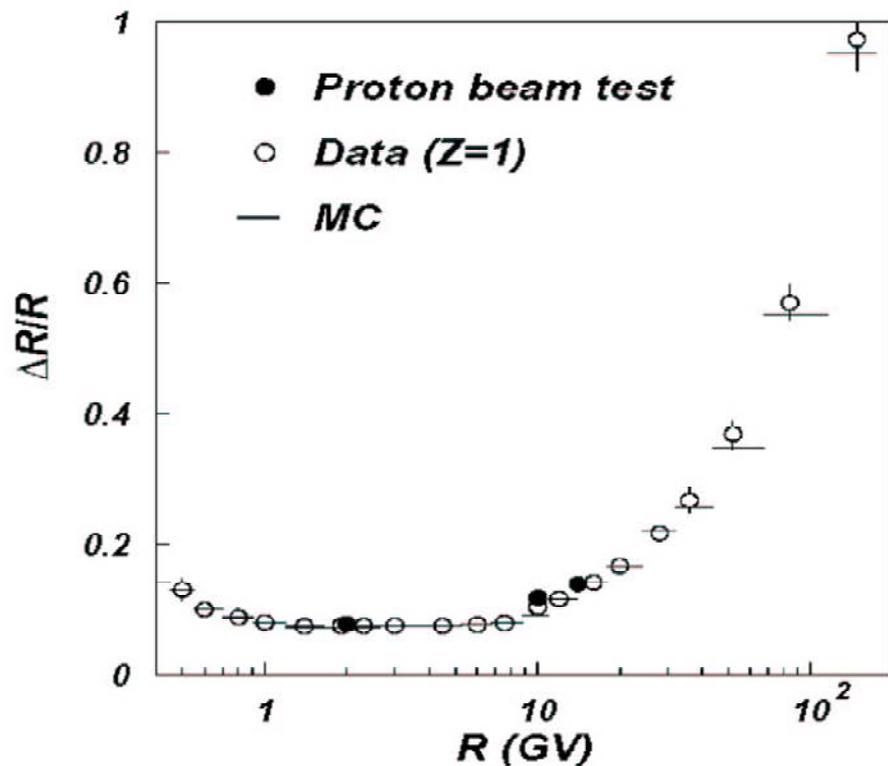


# AMS Tracker sulla ISS

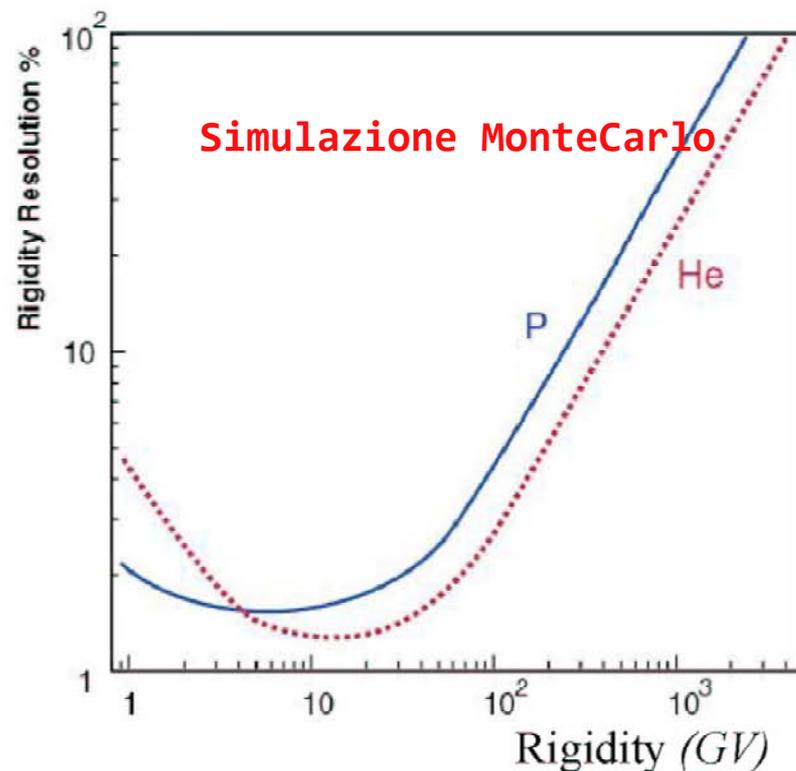


La precisione della misura della rigidità magnetica  $R = P/Q$  è la figura di merito del tracciatore

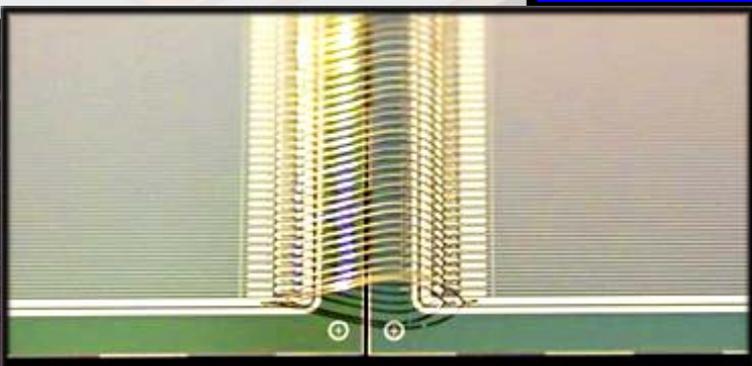
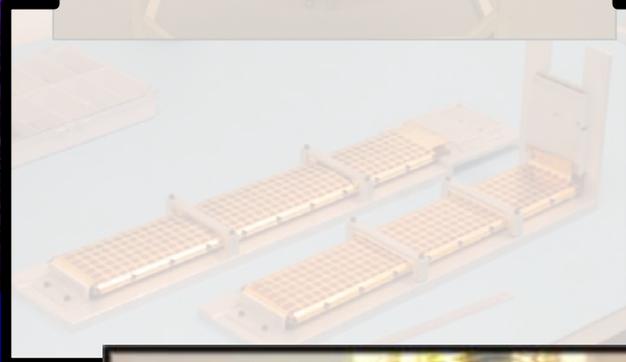
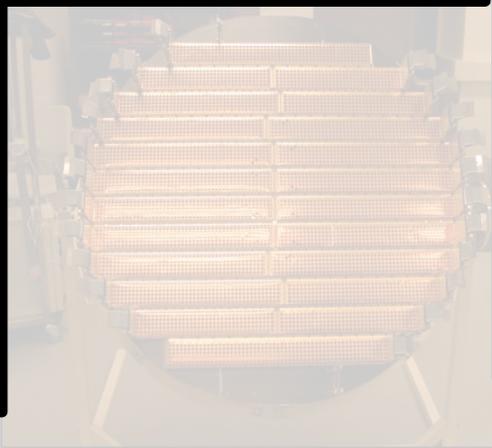
AMS-01



AMS-02



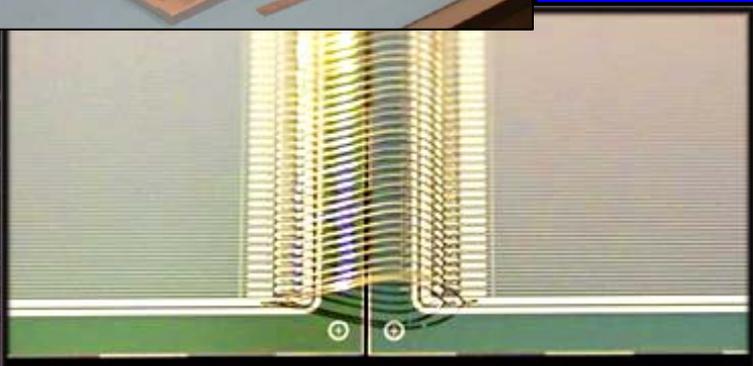
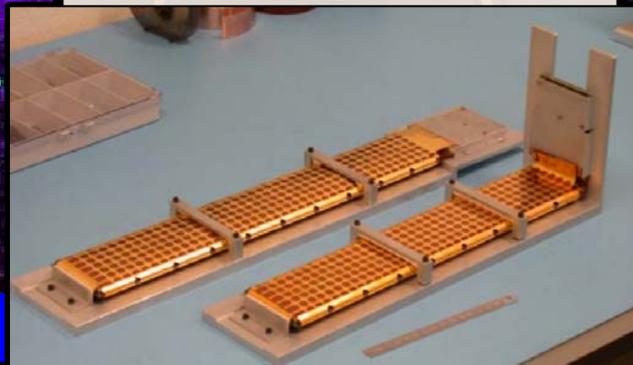
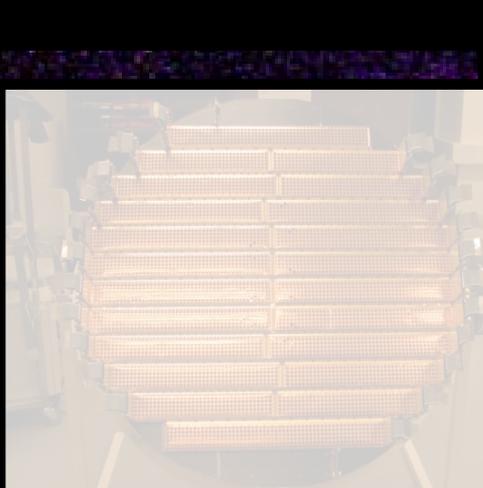
$\sigma(p)/p = 1.5\% @ 10 \text{ GeV}$ ,  
MDR = 2.6 TV (protons)



## Sensore doppia faccia

- dimensioni  $72 \times 41 \text{ mm}^2$
- 2264 sensori
- ~10 milioni di microsaldature a ultrasuoni tra le microstrip dei sensori (Y-strip)

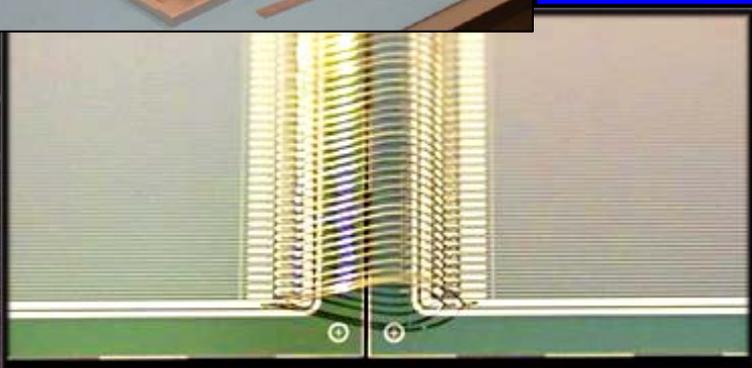
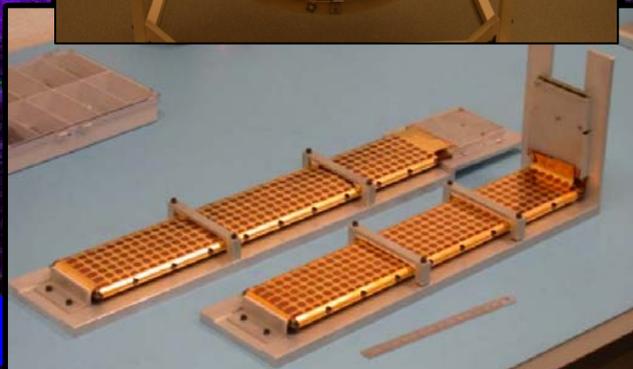
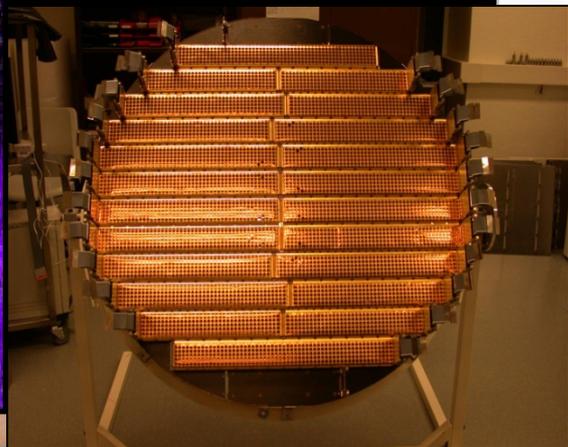
# Il Tracciatore di AMS-02



## Ladder

- da 7-14 sensori
- minima unità di lettura
- 1024 canali, 640 (384) per Y (X)
- *196608 canali di lettura*

# Il Tracciatore di AMS-02

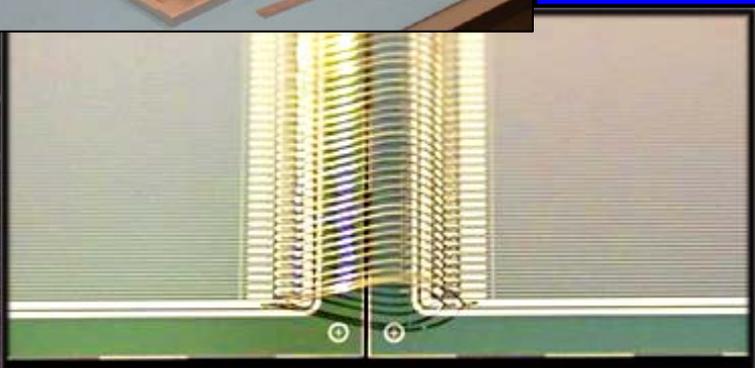
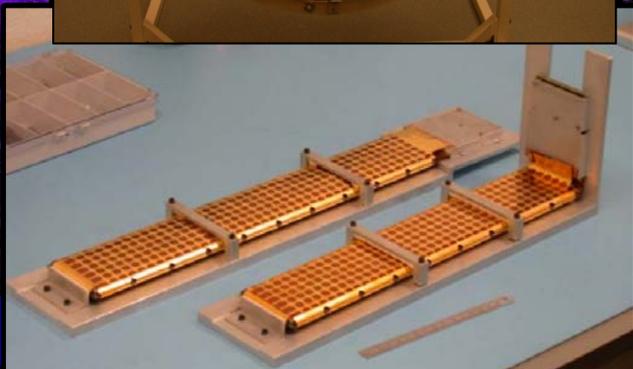
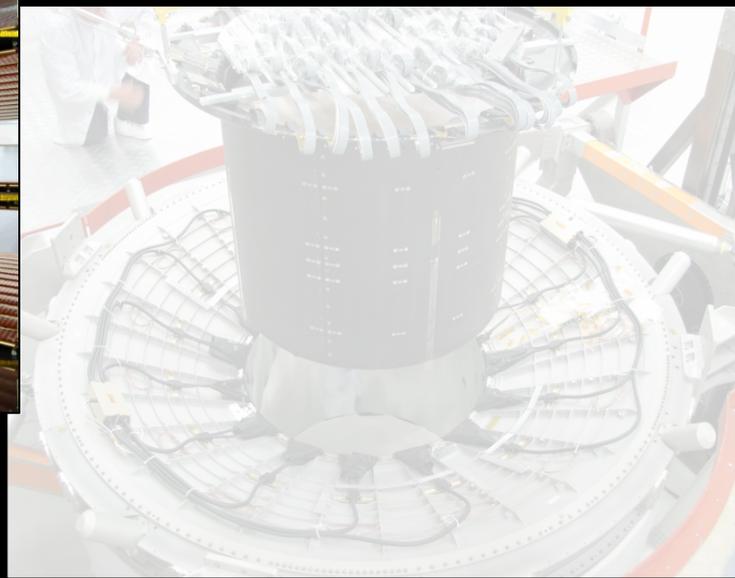
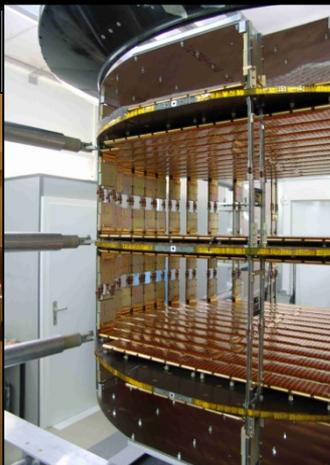
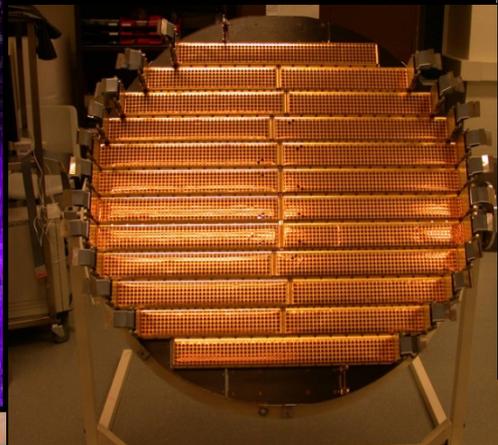


## Layer

- da 15 a 30 ladder
- 1 m circa di diametro



# Il Tracciatore di AMS-02

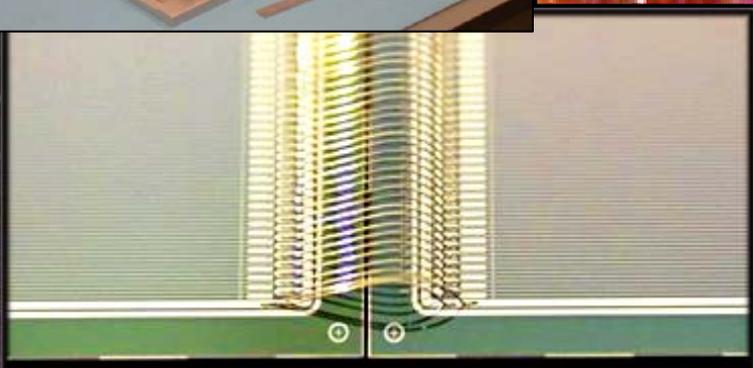
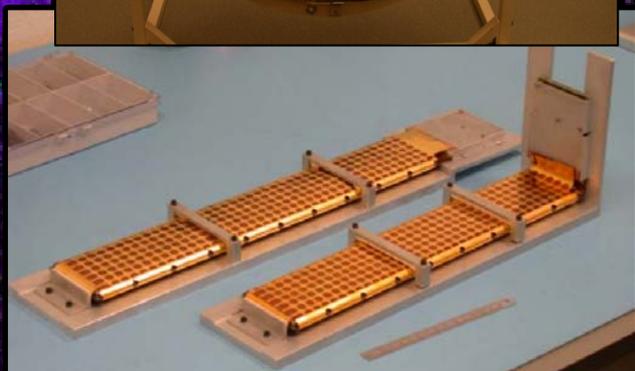
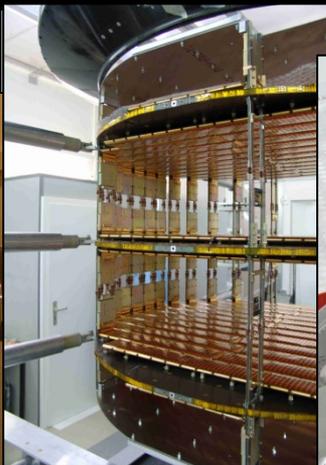
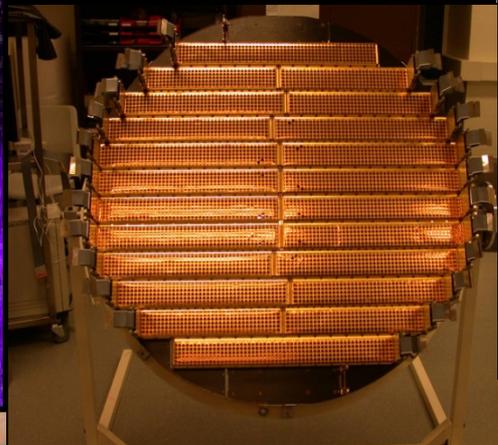


## Tracker

- 2264 sensori
- 192 ladder
- 9 layer
- 6.4 m<sup>2</sup> area attiva

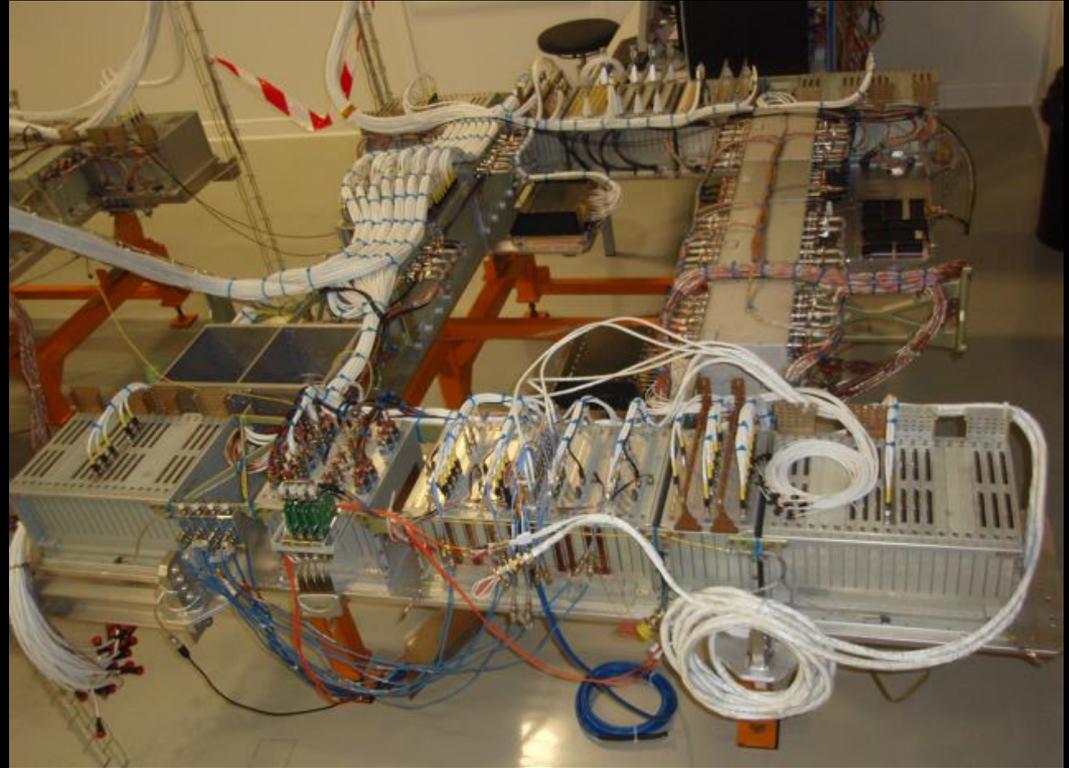
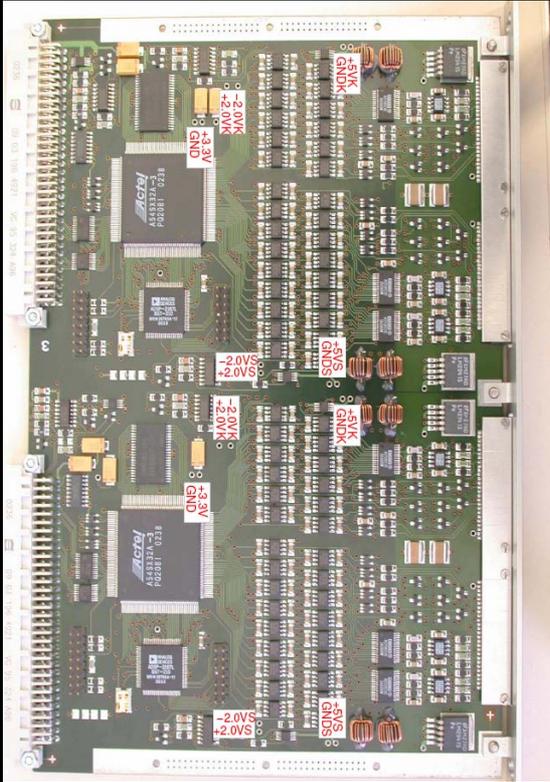


# Il Tracciatore di AMS-02



## Integrazione in AMS-02

- 6 mesi di pre-integrazione
- 2 mesi di presa dati con tracciatore completo:
  - 357 calibrazioni
  - 30 milioni di tracce di muoni
  - Test di rotazione, test con diversi codici di compressione dati, ...



Rateo di produzione di dati grezzi  $>10$  Gbit/s ( $\sim 200.000$  canali a 2 kHz), banda passante media per il downlink  $\sim 17$  Mbit/s: a bordo ci sono 650 processori per effettuare la riduzione dei dati prima del downlink

Tutti i sistemi sono ridondanti fino al 400%

Molti dei processori sono interconnessi in una struttura ad albero con un link seriale a 100 Mbit/s e programmabili da terra.

La potenza richiesta per far funzionare AMS e' di 2 kW.

Inoltre controllano le alimentazioni dei componenti, le temperature dei sottosistemi e il flusso dei dati con le unita' di trasmissione a terra

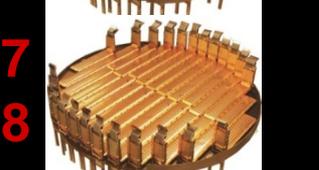
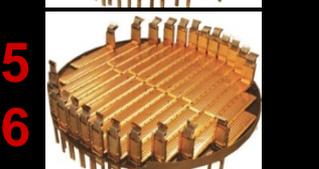
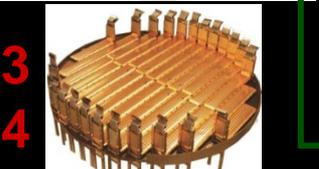
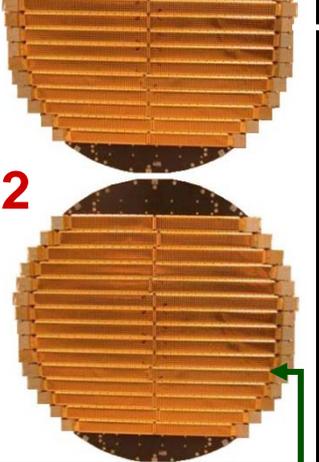


# Example: Tracker Readout Computers

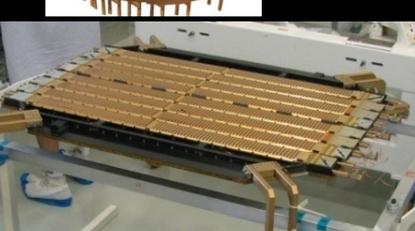


**192** Tracker Data Reduction (TDR) **16** Readout Computers (JINF-T)

**1** 196,608 Pulse Heights,  
216 Low Voltages,  
Pulse Heights



Low voltage



AMSWire

Busy

Trigger



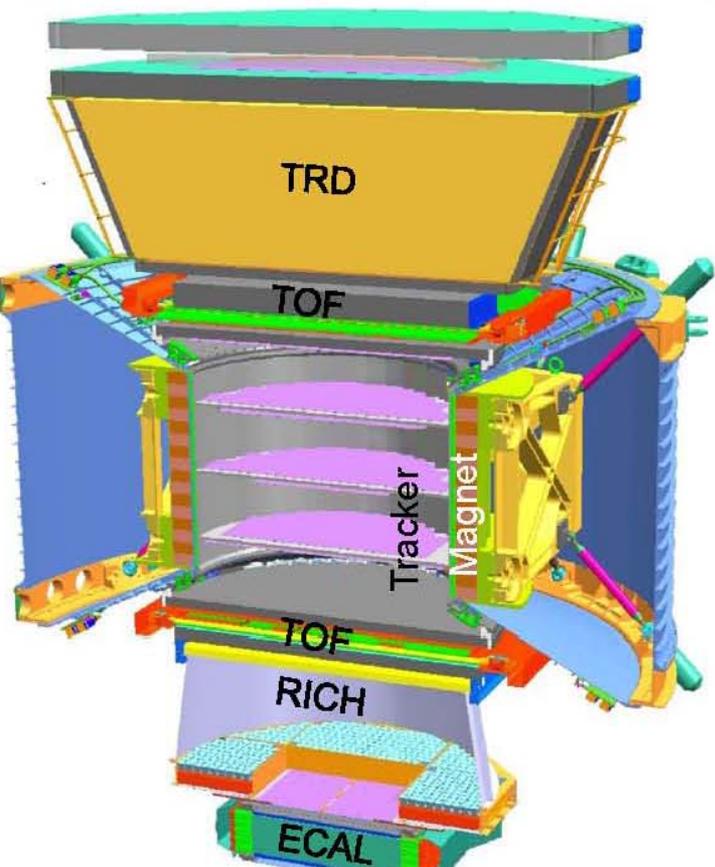
AMSWire

To next level  
Busy

Trigger

- Analog to digital conversion  
**coordinate resolution of 10 um**
- Data reduction:  
Pedestal subtraction  
Noise suppression  
**Cluster finding**
- Format, send to next level

- Collect data from TDR
- Format, send to next level
- **Control Low Voltages**
- Combine Busy signals
- Distribute Trigger
- Distribute command to TDR

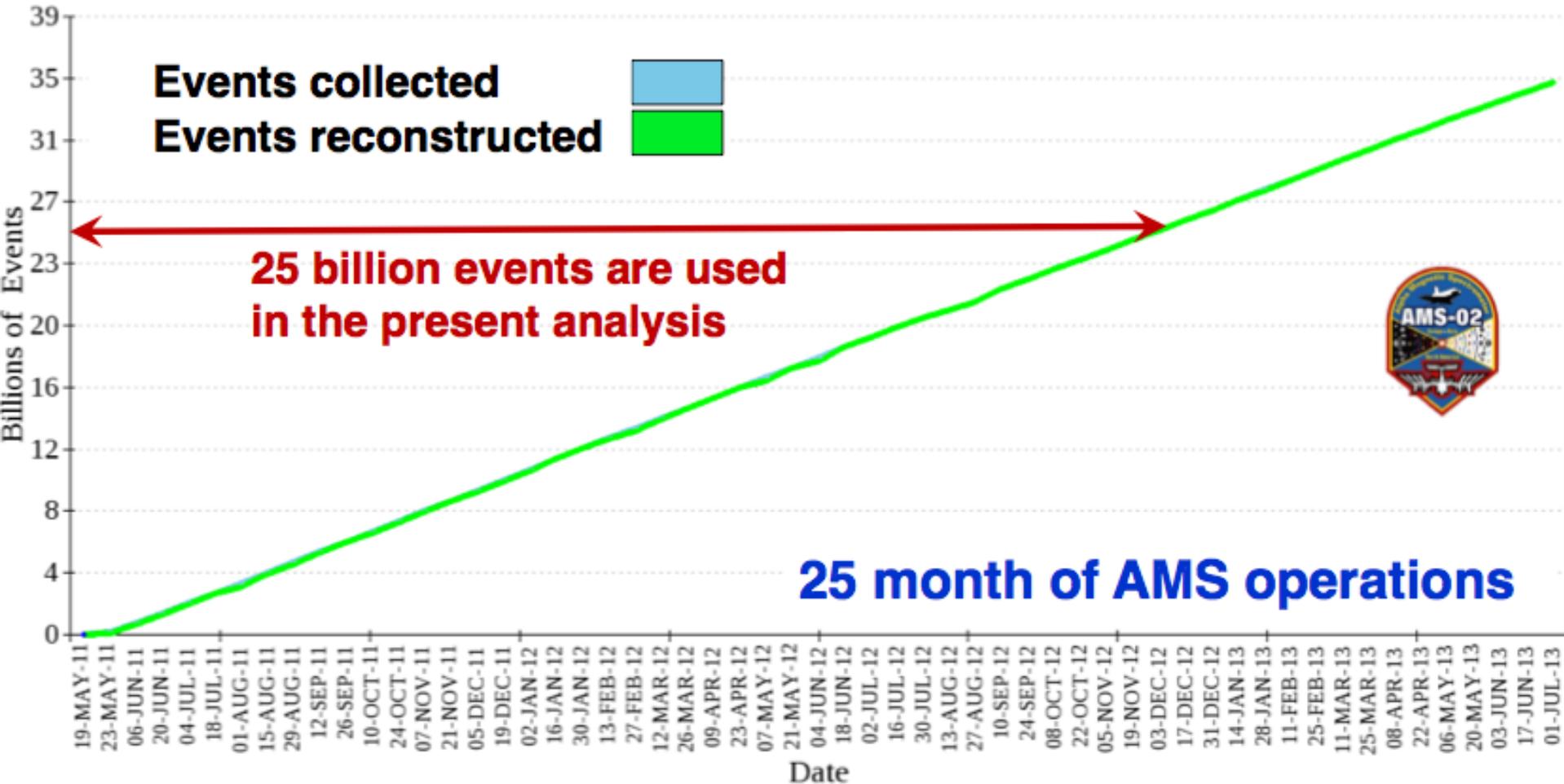


Particelle diverse danno luogo a segnali diversi nei sotto-rivelatori

|                  | $e^-$                             | $P$ | $Fe$ | $e^+$       | $\bar{P}$ | $\bar{He}$ |
|------------------|-----------------------------------|-----|------|-------------|-----------|------------|
| TRD              |                                   |     |      |             |           |            |
| TOF              |                                   |     |      |             |           |            |
| Tracker + Magnet |                                   |     |      |             |           |            |
| RICH             |                                   |     |      |             |           |            |
| ECAL             |                                   |     |      |             |           |            |
| Physics example  | Cosmic Ray Physics<br>Strangelets |     |      | Dark matter |           | Antimatter |

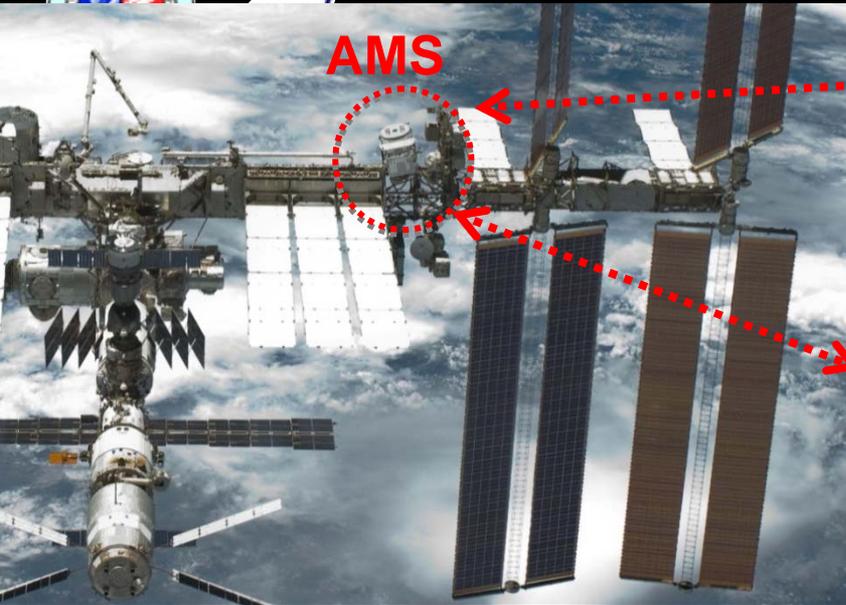
L'insieme dei segnali di tutti i sottorivelatori viene correlato spazialmente e temporalmente per fornire l'id della particella insieme alla sua energia tramite algoritmi geometrico-matematici ("analisi dei dati")

# To date AMS collected over 35 billion events





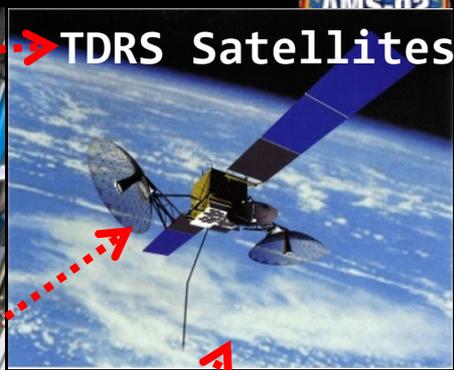
# AMS Operations



AMS



Astronaut at ISS AMS Laptop



TDRS Satellites

Ku-Band  
High Rate (down):  
Events <10Mbit/s>

Flight Operations

Ground Operations

S-Band  
Low Rate (up & down):  
Commanding: 1 Kbit/s  
Monitoring: 30 Kbit/s



AMS Payload Operations Control and Science Operations Centers (POCC, SOC) at CERN



AMS Computers at MSFC, AL



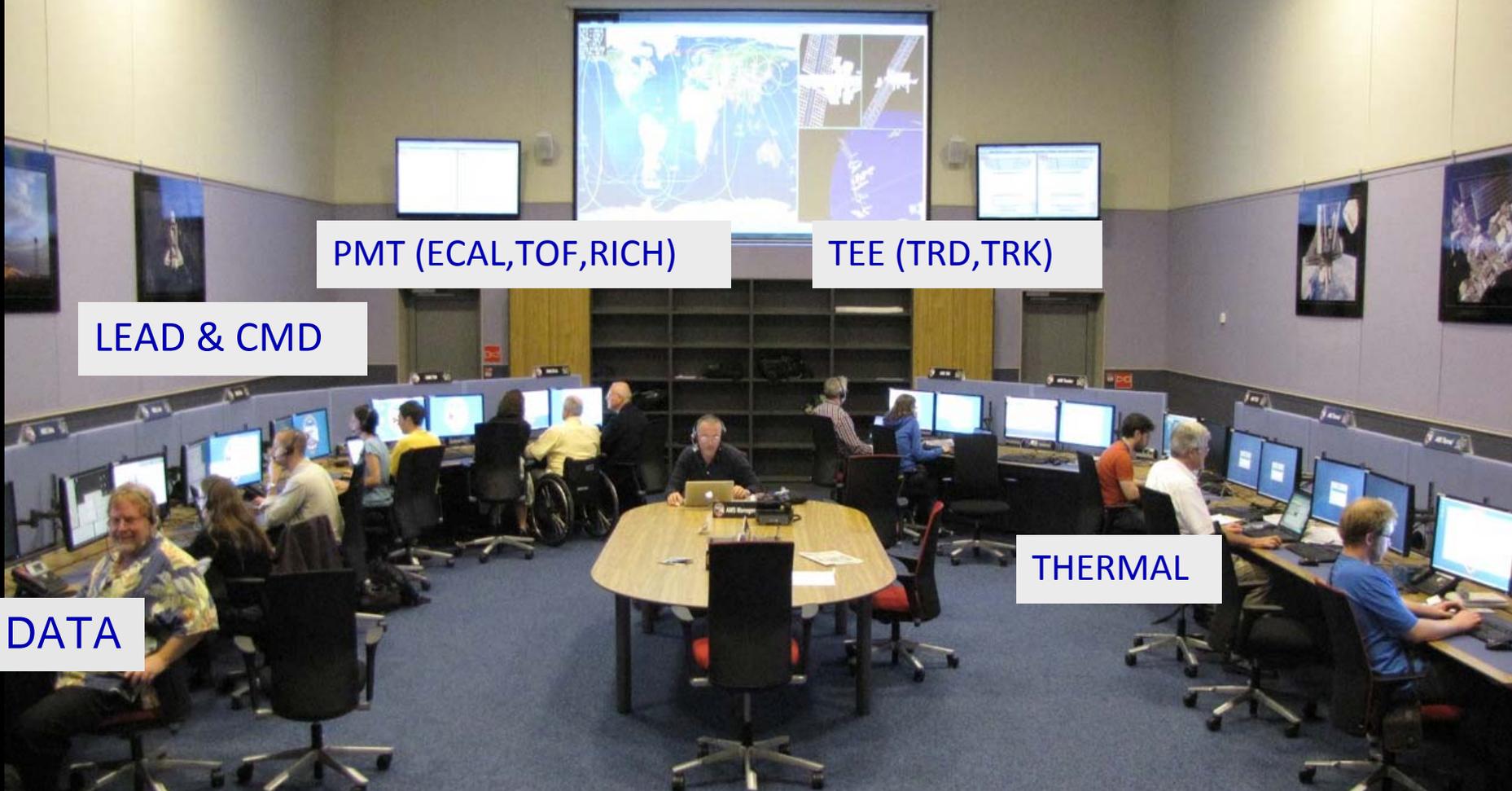
White Sands Ground Terminal, NM



# AMS Payload Operation Control Center @ CERN



Presa dati 365 giorni all'anno, 24 ore su 24 (tranne brevi, imprevedibili black outs)



PMT (ECAL, TOF, RICH)

TEE (TRD, TRK)

LEAD & CMD

DATA

THERMAL

| Wed 1              | Thu 2 | Fri 3 | Sat 4 | Sun 5 | Mon 6 | Tue 7 | Wed 8 | Thu 9 | Fri 10 | Sat 11 | Sun 12 | Mon 13 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| SHIFTER A3 AT CERN |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |
| B2                 | B2    | B2    | C2    | C2    | C2    | D2    | D2    | D2    | A3     | A3     | A3     | B3     |
| D2                 | D2    | A3    | A3    | A3    | B3    | B3    | B3    | C3    | C3     | C3     | D3     | D3     |
| C2                 | C2    | D2    | D2    | D2    | A3    | A3    | A3    | B3    | B3     | B3     | C3     | C3     |



# La presa dati

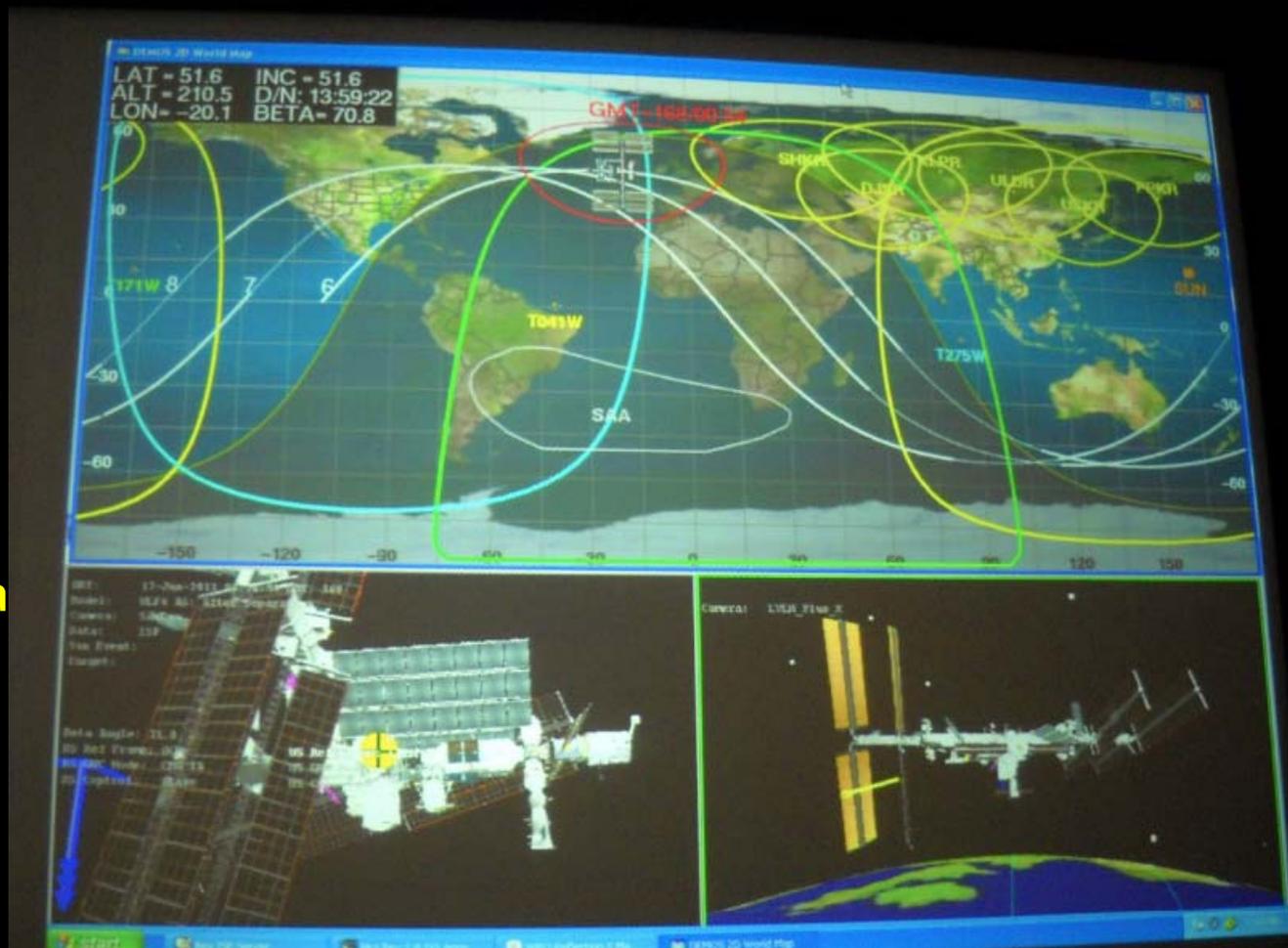
LA ISS (e quindi AMS) compie un'orbita completa attorno alla terra ogni 90 minuti tra +/- 51.6° di latitudine geografica

**Il rivelatore funziona come previsto.**

**In 18 mesi sono stati raccolti piu' di 24 miliardi di eventi.**

**Il rate e' di circa  $16 \times 10^9$  eventi/anno**

**In 10/20 anni saranno raccolti  $160-320 \times 10^9$  di eventi.**





# Results



- 1) Positron Fraction at Higher Energy
- 2) Electron Spectrum
- 3) Positron Spectrum
- 4) (Electron plus Positron) Spectrum
- 5) On the origin of excess positrons
- 6) Proton flux
- 7) Helium flux
- 8) Boron-to-Carbon ratio
- 9) Carbon Flux
- 10) Boron Flux
- 11)  $p/p$  Measurement

The topics in yellow indicate results based on 33 billion events (up to May 19, 2013). These results were presented in the AMS Research Proposal from MIT and at the ICRC, July 8<sup>th</sup>, 2013.

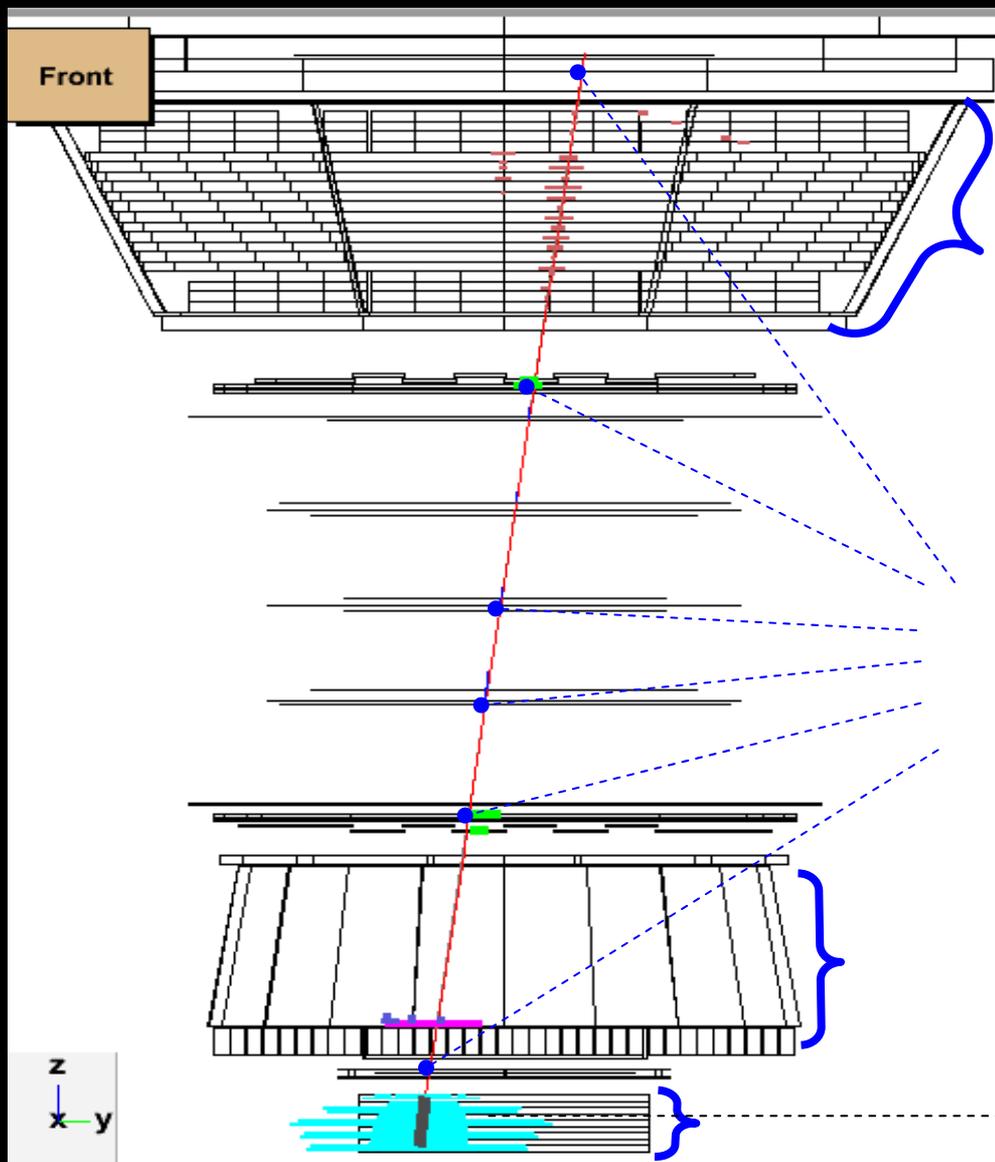
The Hubble Deep Field North  HUBBLESITE.org

Topics in red indicate the latest results based on 35.7 billion events (up to July 19, 2013) that are being presented for the first time.



# Come riconosciamo un elettrone?

1.03 TeV electron



TRD: identifica che è un elettrone

TOF: misura il tempo di volo (cioè velocità), carica  $z=1$

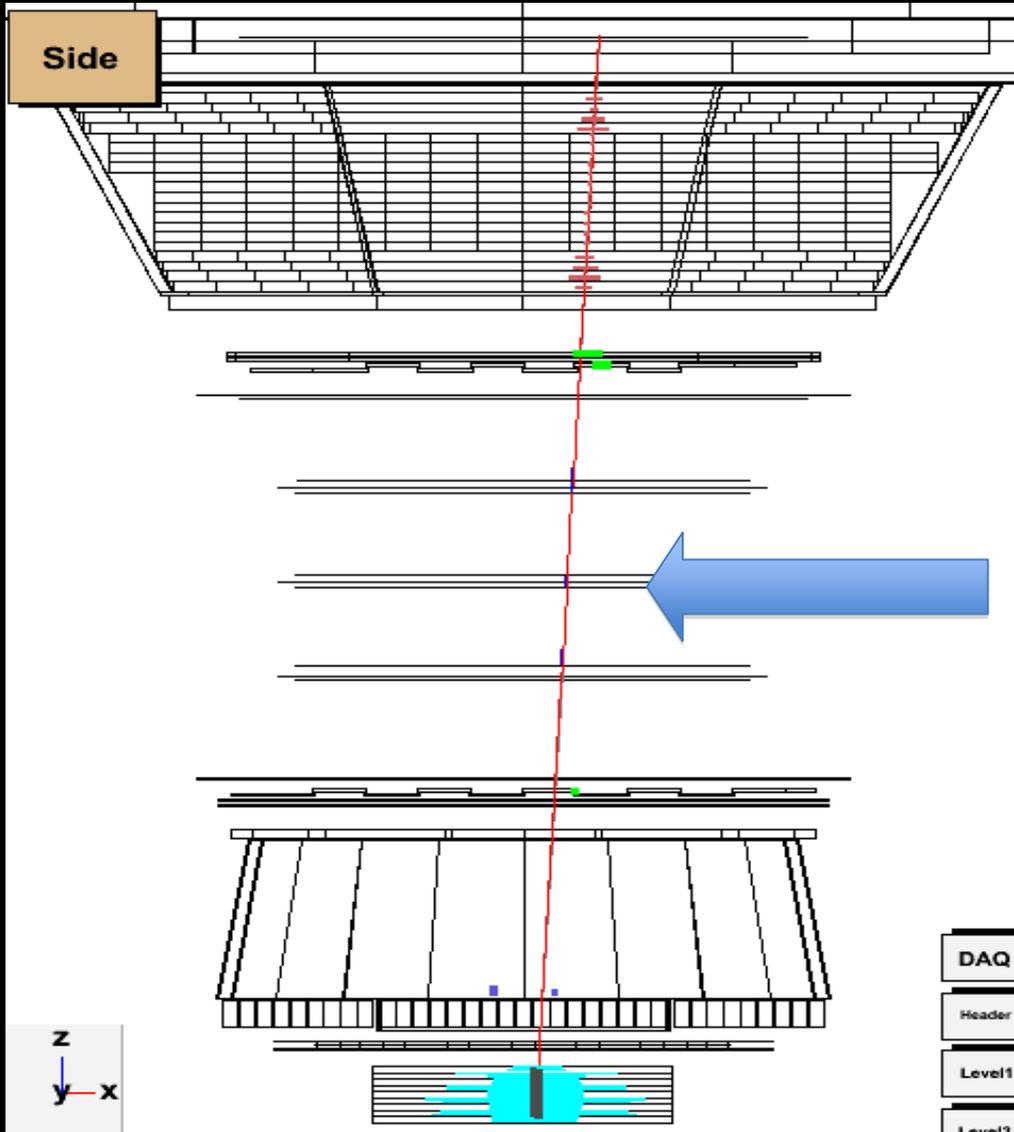
Tracciatore & magnete: misurano il segno della carica e l'energia

RICH identifica la particella come  $z=1$  e con velocità relativistica

ECAL: identifica che è un elettrone e misura la sua energia



# Un positrone da 424 GeV



L'unica differenza è il segno della curvatura della traccia (invisibile ad occhio nudo !!)

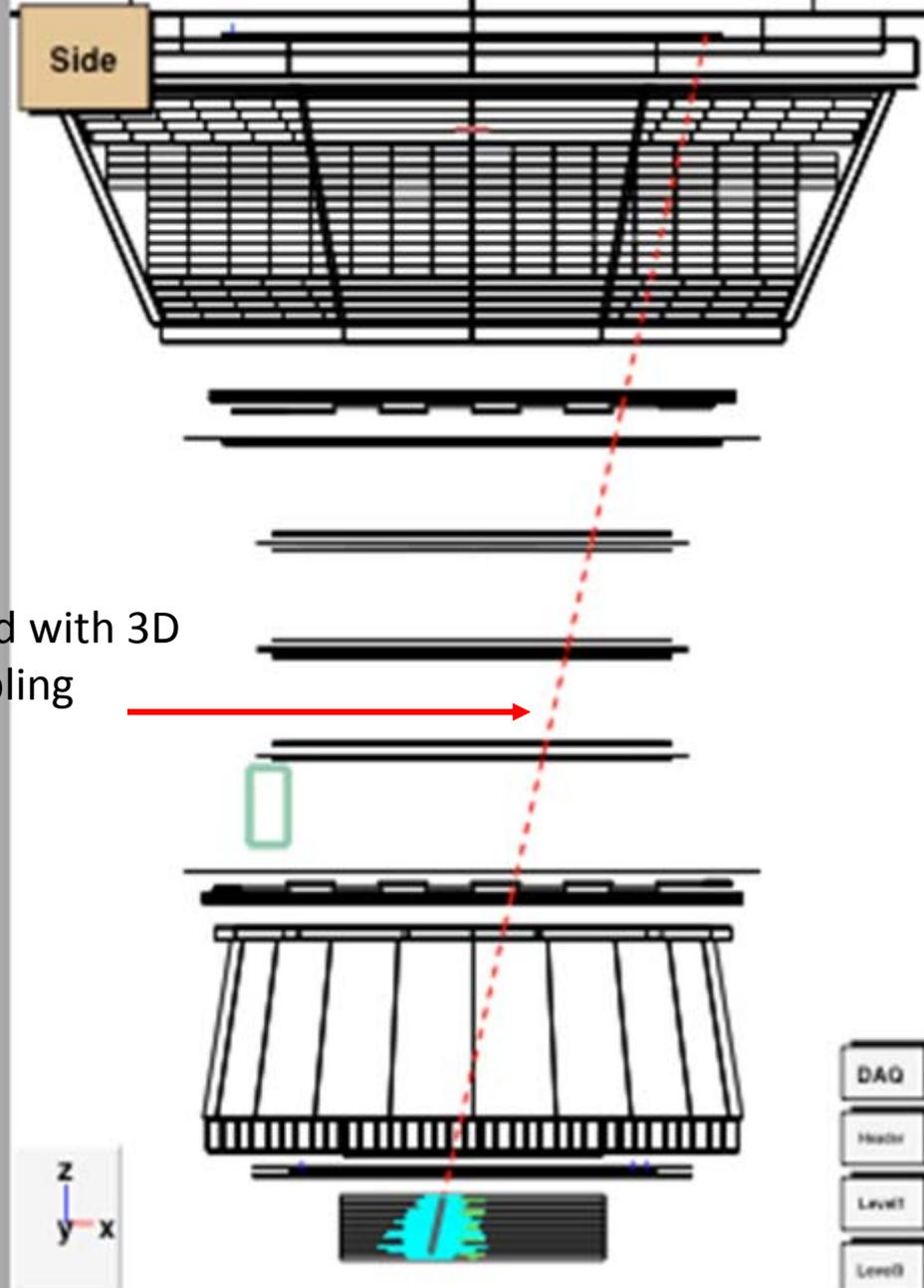
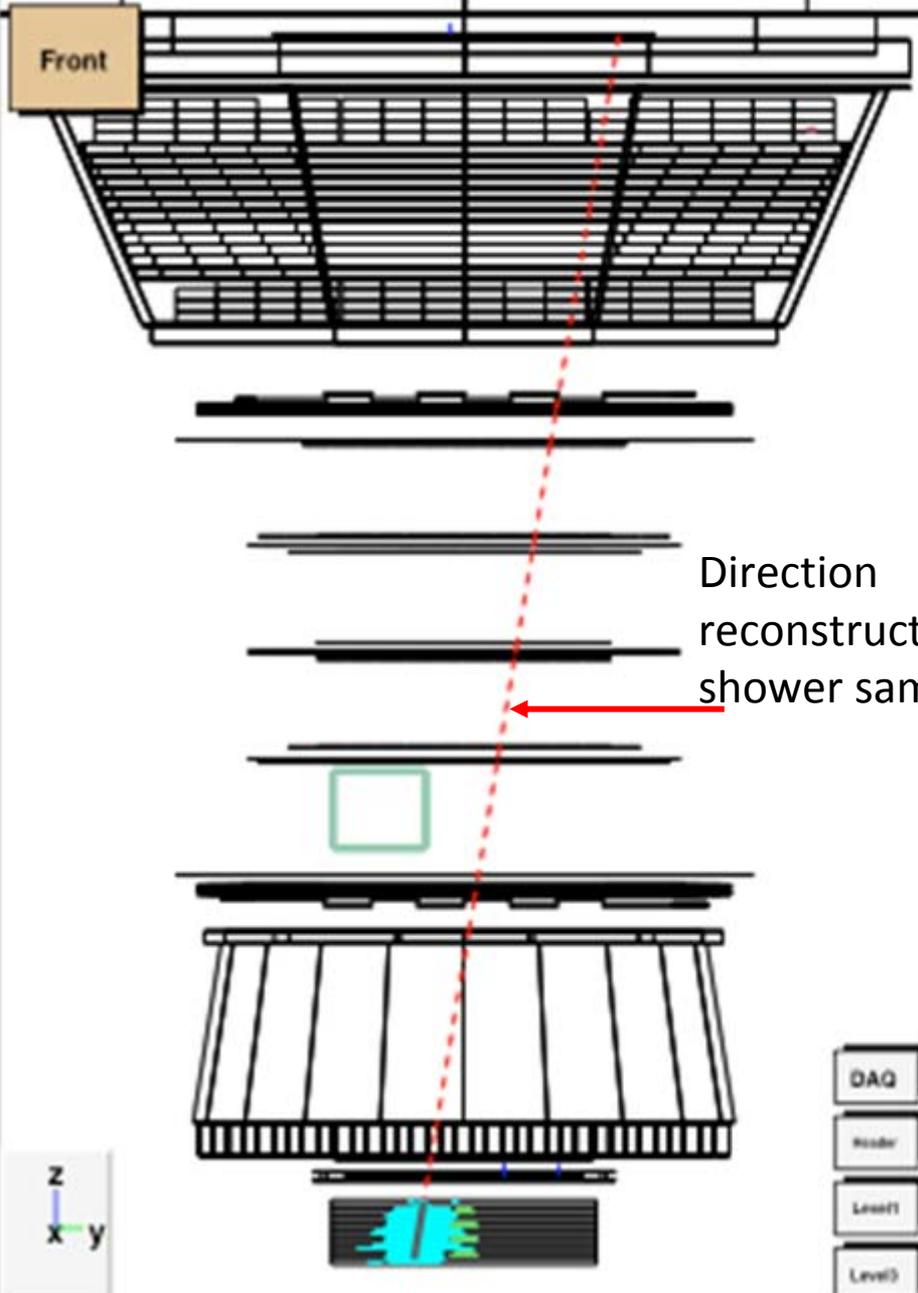


# Photon 40 GeV



AMS Event Display

Run/Event 1306127850 / 159966 GMT Time 2011-143.05:26:24



Direction  
reconstructed with 3D  
shower sampling



**Boron**  
Rigidity=187 GV

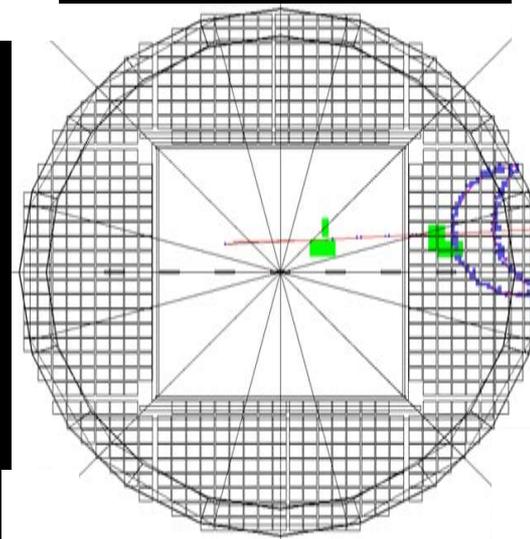
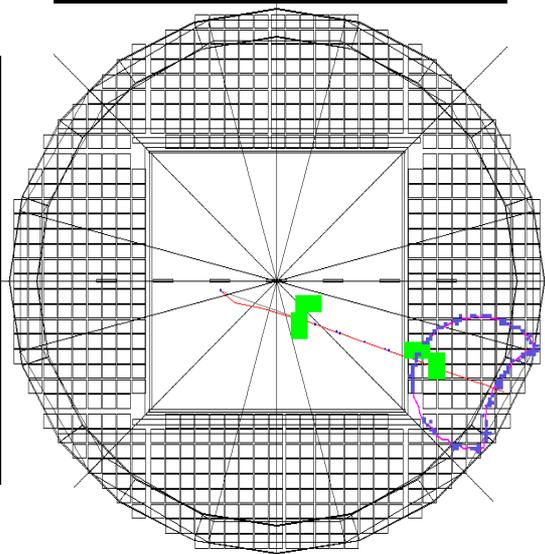
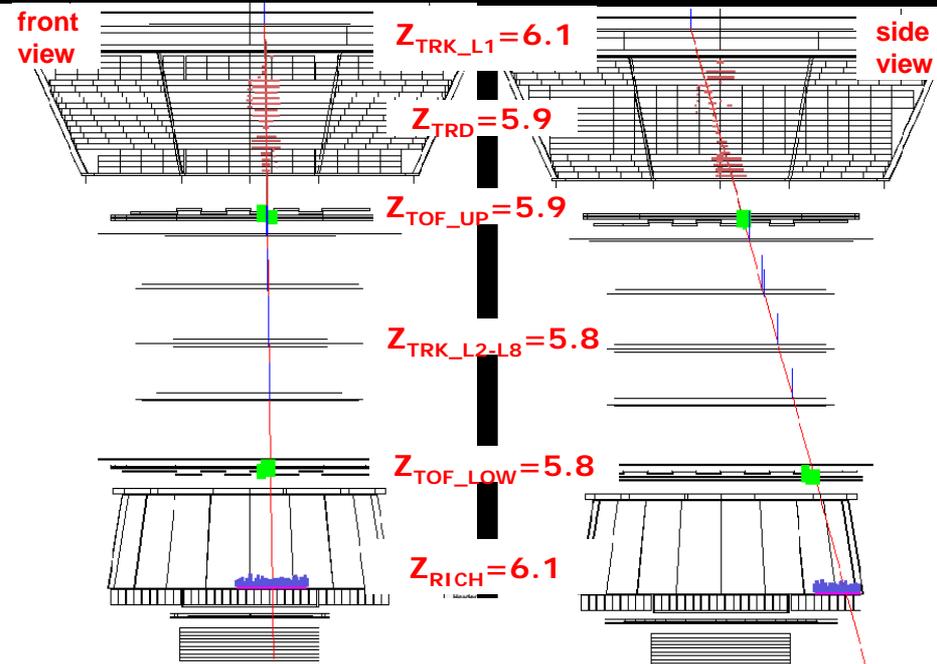
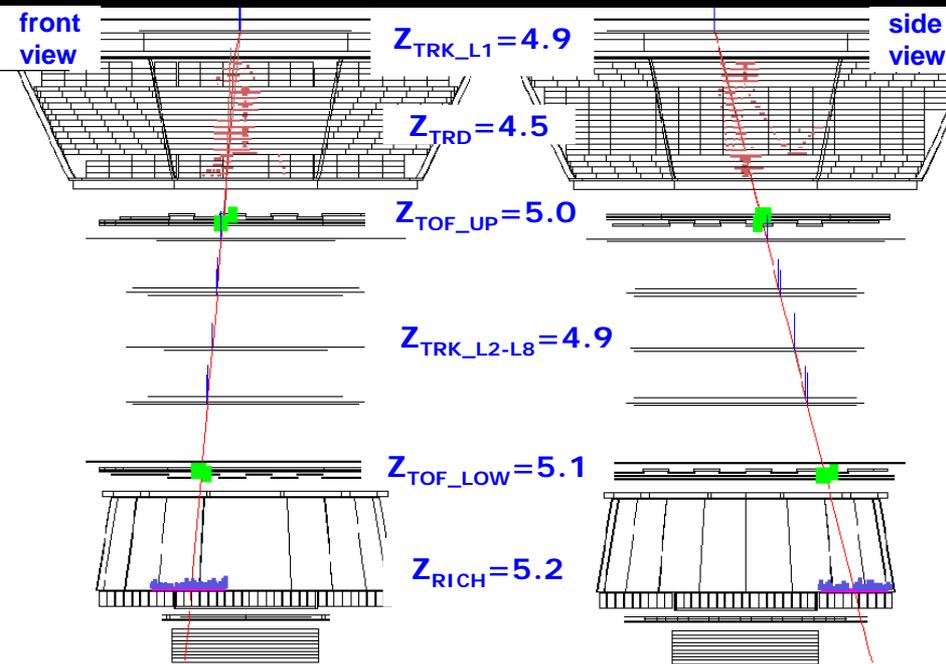
Rigidity ~ 200 GV

Run/Event 1329086299/ 747549



**Carbon**  
Rigidity=215 GV

Run/Event 132643580/ 132197



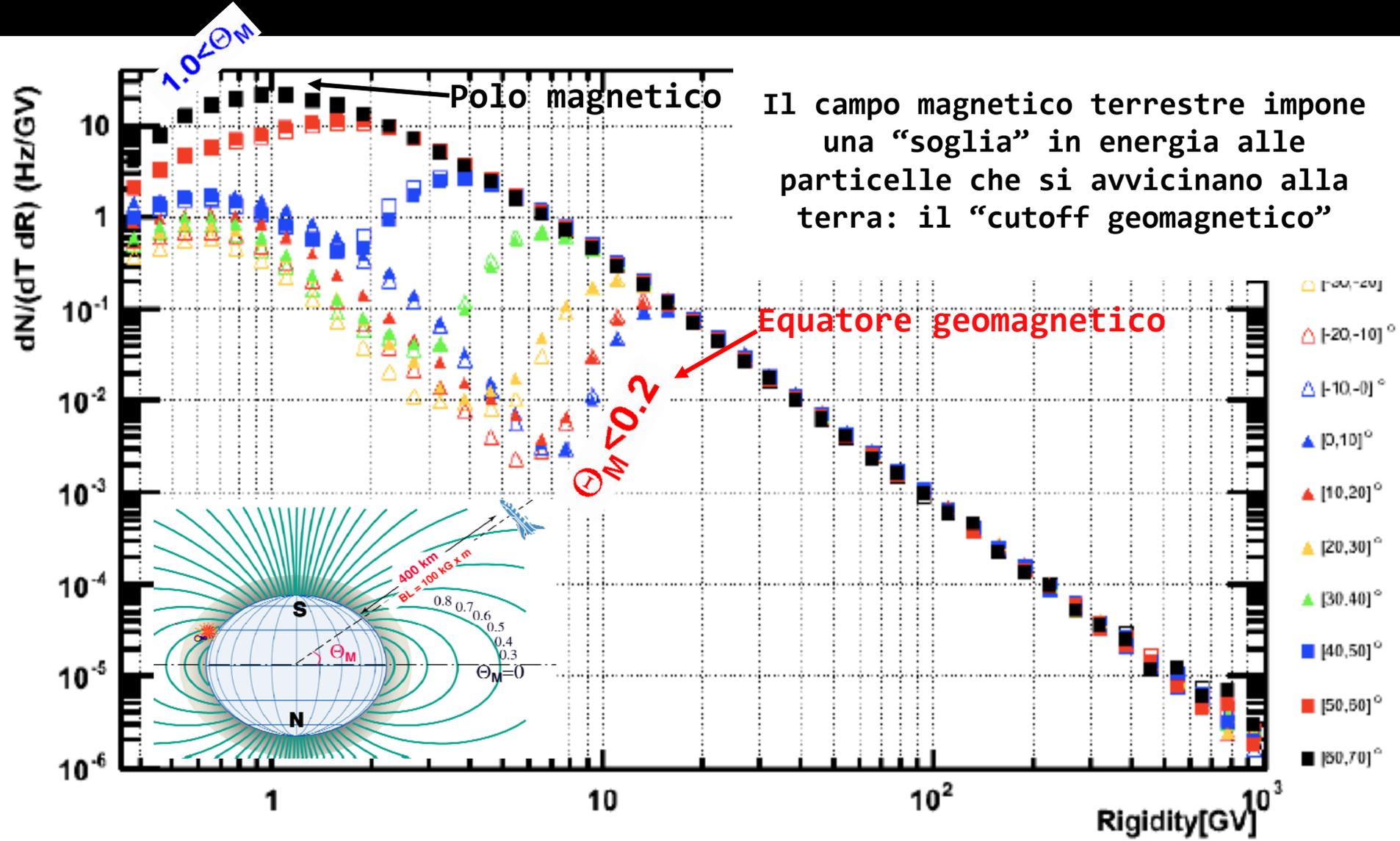


# Le frequenze di conteggi di protoni



Due popolazioni di particelle:

- RC intrappolati nel campo geomagnetico (fasce di Van Allen)
- RC galattici





GODDARD SPACE FLIGHT CENTER

+ Visit NASA.gov

# GODDARD MULTIMEDIA



- HOME

+ PROJECTS

+ LINKS

+ HELP

+ MAP

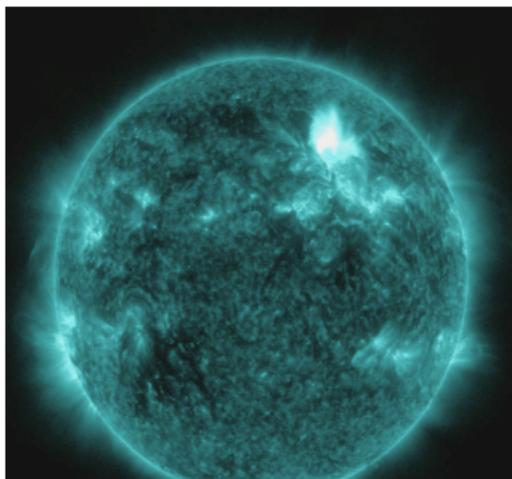
Previous Animation Number

Next Animation Number

## Biggest Solar Storm Since 2005

The sun erupted late on January 22, 2012 with an M8.7 class flare, an earth-directed coronal mass ejection and a burst of fast moving, highly energetic protons known as a "solar energetic particle" event. The latter caused the strongest solar radiation storm since September 2005 according to NOAA's Space Weather Prediction Center.

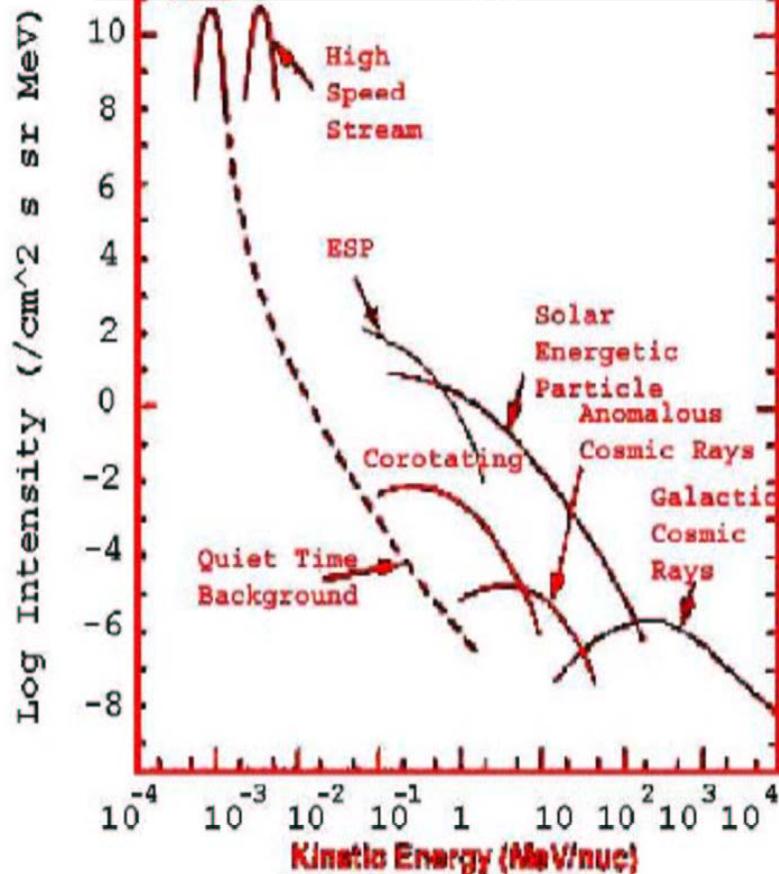
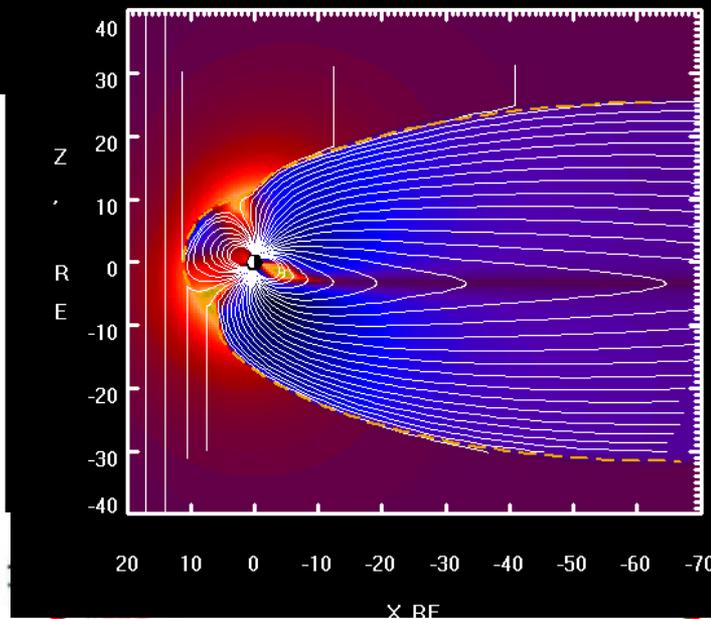
Share: E-mail Facebook Twitter



Solar Dynamics Observatory captured flare, shown here in teal as that is the typically used to show light in the 131 Angstrom wavelength, a wavelength in which it is easy to view solar flares. The flare peaked at 10:38 PM ET on Jan. 22, 2012 and ended at 11:34 PM.

Credit: NASA/SDO/AIA  
 Duration: 14.8 seconds  
 Available formats:

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| 1280x720 (59.94 fps) QT     | 257 M  |
| 1280x720 (59.94 fps) QT     | 32 MI  |
| 1280x720 (29.97 fps) QT     | 10 MI  |
| 960x720 (29.97 fps) MPEG-4  | 8 MB   |
| 1280x720 (30 fps) QT        | 9 MB   |
| 1280x720 (29.97 fps) MPEG-4 | 1 M    |
| 1280x720 (59.94 fps) QT     | 4 MB   |
| 640x360 (29.97 fps) MPEG-4  | 2 MB   |
| 320x180 (29.97 fps) MPEG-4  | 990 K  |
| 611x608 JPEG                | 306 KB |

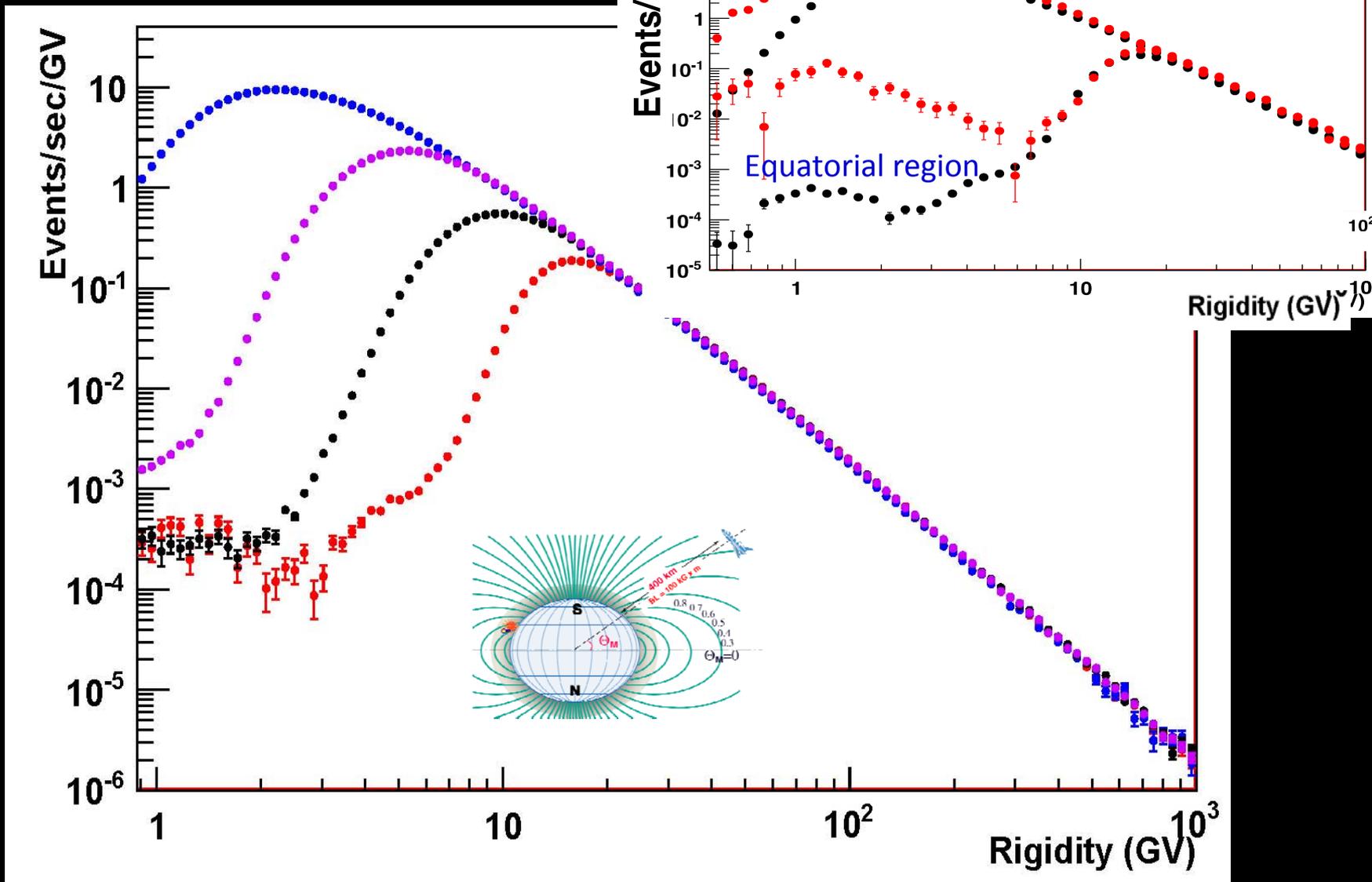


<http://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a010000/a010800/a010899/index.html>





..cambiano con l'attività solare!





The positron fraction is steadily increasing from 10 to ~250 GeV  
From 20 to 250 GeV, the slope decreases by an order of magnitude  
No structure in the spectrum

Positron fraction  $e^+/(e^+ + e^-)$

$10^{-1}$

Aspettato dal modello standard dei RC

- AMS
- △ FERMI
- PAMELA
- AMS-01
- HEAT
- ▽ CAPRICE98
- ▲ CAPRICE94
- TS93

1

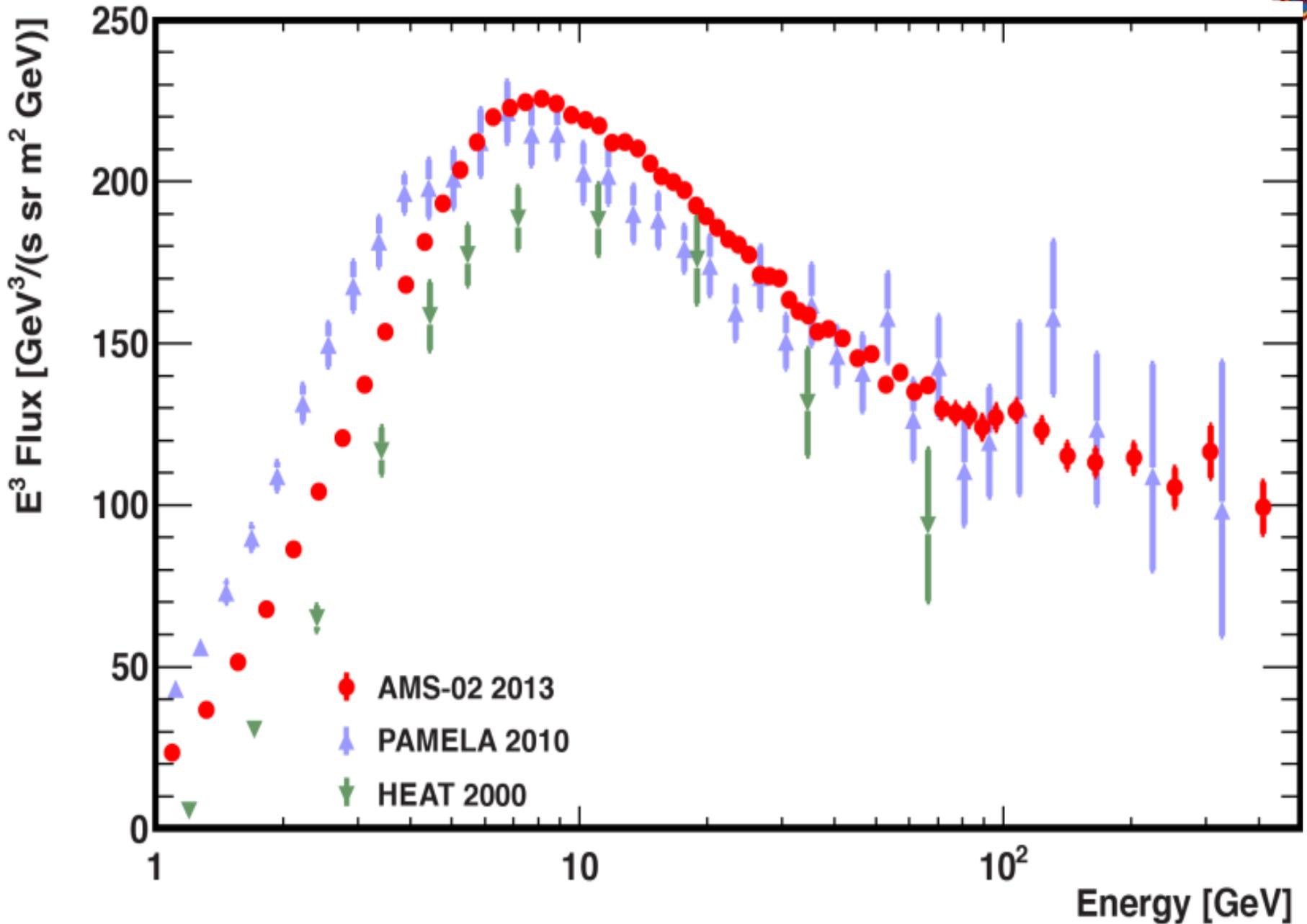
10

$10^2$

positron, electron energy [GeV]



# Electron Spectrum





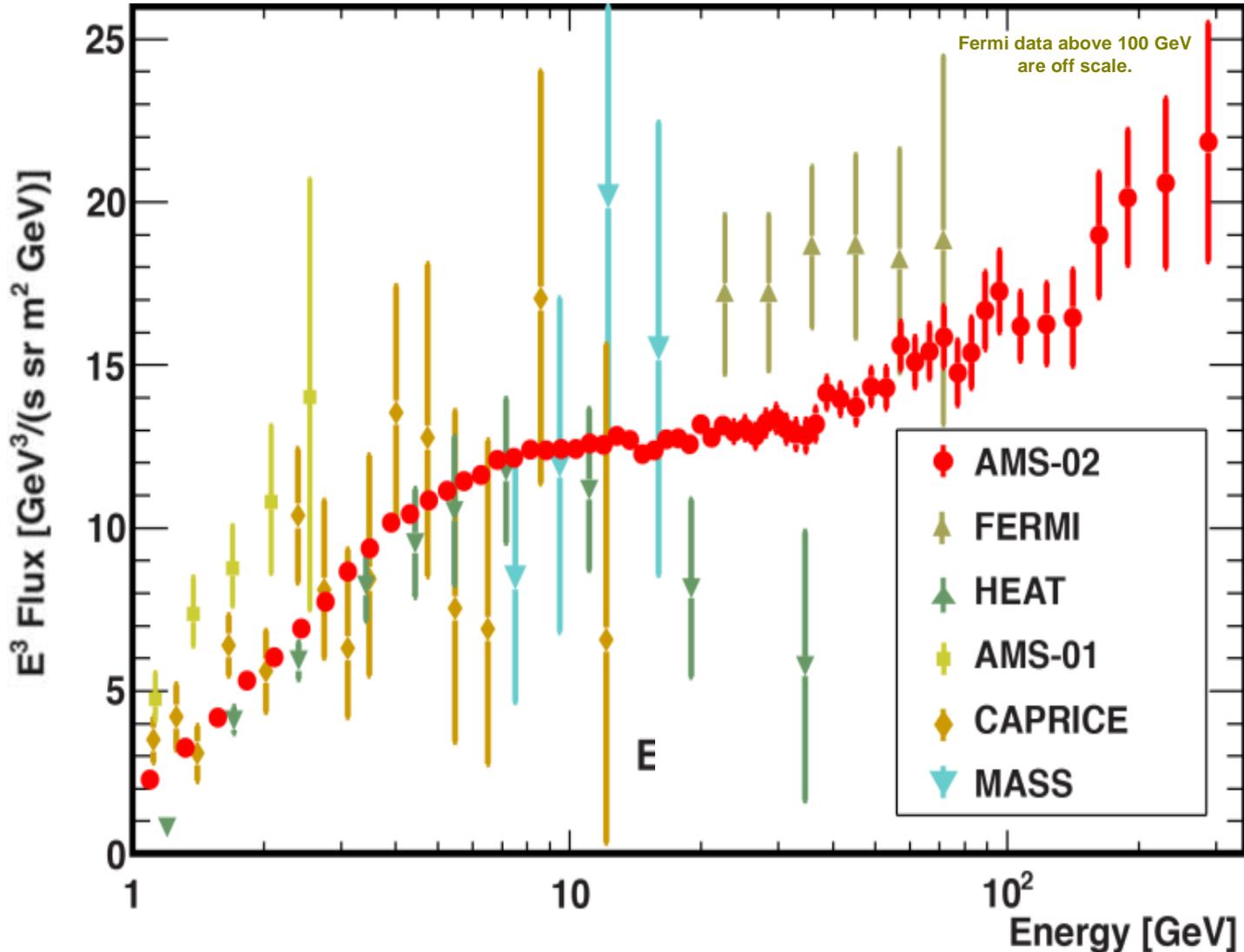
# Results from AMS

## 3) Positron Spectrum



AMS Positron Spectrum compared to other measurements.

A ~4% normalization (scaling) error is not included.

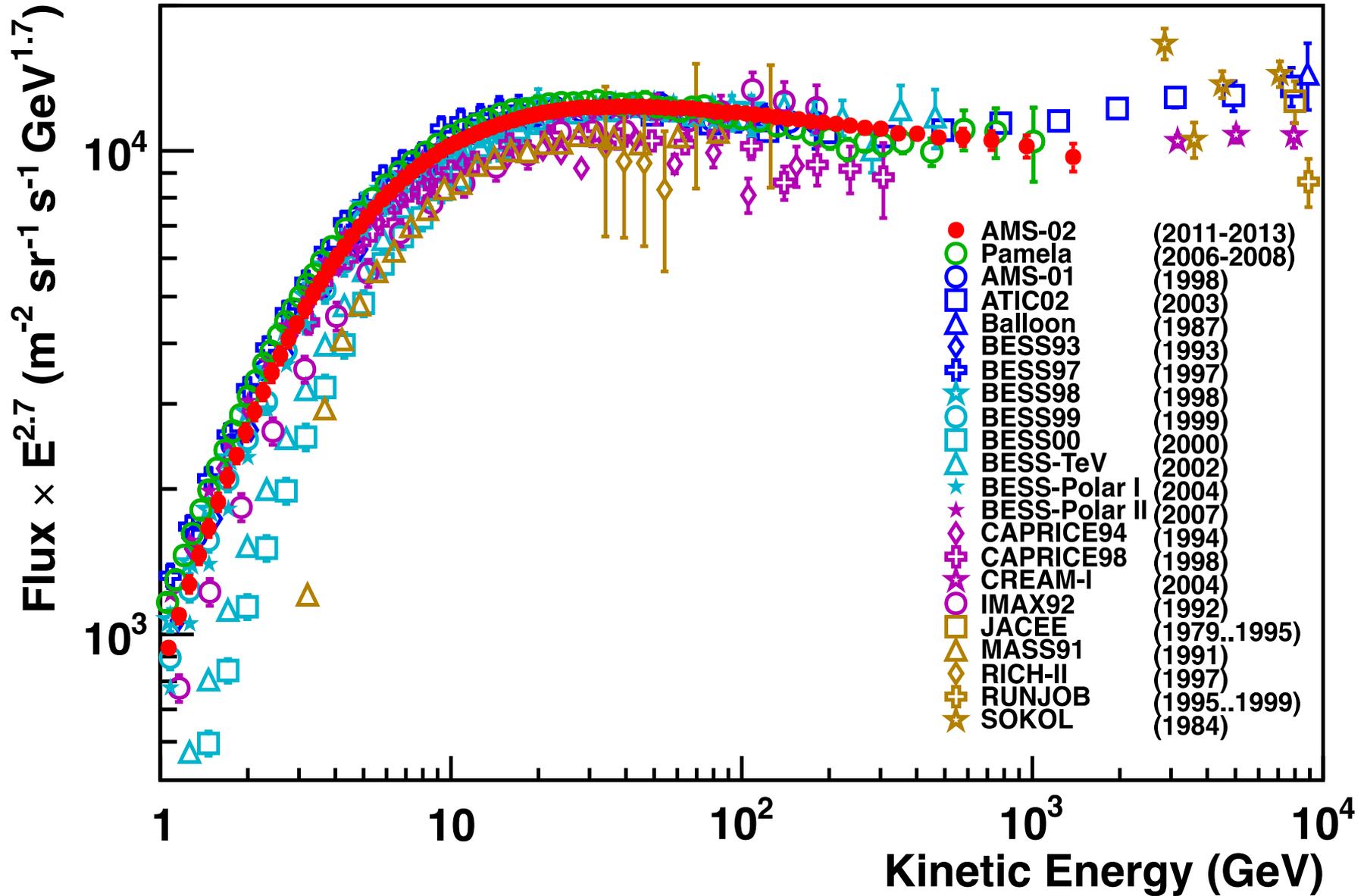


**Positron spectrum spectrum break above 30 GeV: unexpected result!  
A new type of source detected?**



# Proton flux

## Comparison with past measurements



# **Il Cosmo è il laboratorio più estremo**

**L'obiettivo più eccitante di AMS è quello di sondare l'ignoto alla ricerca di fenomeni che esistono in natura ma che non avevamo ancora nemmeno immaginato.**

**AMS02 continuerà a prendere dati per almeno 10 anni e ci aspettiamo di scoprire l'inaspettato perchè:**

**“L'Universo non è più strano di quanto immaginiamo, ma è molto più strano di quanto possiamo immaginare”**

**L'ignoto è lì che aspetta voi per essere rivelato**



# Grazie per l'attenzione Il sito WEB: [www.ams02.org](http://www.ams02.org)



## AMS-02

The Alpha Magnetic Spectrometer Experiment

- HOME
- WHAT IS AMS
- THE AMS COLLABORATION
- AMS ON THE ISS
- IMMERSIVE IMAGES
- TIMELINE
- MULTIMEDIA
- PRESS ROOM
- AMS ON THE WEB



*"When you take your seat in the Control Room you become responsible for the success of the Mission"*



The Alpha Magnetic Spectrometer (AMS-02) is a state-of-the-art particle physics detector designed to operate as an external module on the International Space Station. It will use the unique environment of space to study the universe and its origin by searching for antimatter, dark matter while performing precision measurements of cosmic rays composition and flux. The AMS-02 observations will help answering fundamental questions, such as "What makes up the universe's invisible mass?" or "What did happen to the primordial antimatter?"

### NEWSLETTER

To receive updated information on AMS

### WELCOME!

April 9th, 2010

The Alpha Magnetic Spectrometer Team welcomes you to the AMS-02

### INSIDE THE C-5M SUPER GALAXY





**Il dipartimento di Fisica di Perugia è risultato primo nella classifica della ricerca in Italia!**



## LE CLASSIFICHE DELLA RICERCA

### ➔ AREA 02

#### SCIENZE FISICHE

##### CLASSIFICA CENSIS

| ATENEO             | POSIZIONE | MEDIA |
|--------------------|-----------|-------|
| PERUGIA            | 1         | 102,0 |
| TRIESTE            | 2         | 99,5  |
| FERRARA            | 3         | 98,5  |
| ROMA LA SAPIENZA   | 4         | 95,0  |
| URBINO             | 5         | 94,5  |
| SIENA              | 6         | 93,0  |
| BASILICATA         | 7         | 92,0  |
| PADOVA             | 8         | 91,5  |
| UDINE              | 8         | 91,5  |
| PISA               | 10        | 91,0  |
| INSUBRIA           | 11        | 90,5  |
| MILANO BICOCCA     | 12        | 89,5  |
| MILANO POLITECNICO | 12        | 89,5  |

| ATENEO             | POSIZIONE | MEDIA |
|--------------------|-----------|-------|
| TRENTO             | 12        | 89,5  |
| ROMA TOR VERGATA   | 15        | 89,0  |
| CAMERINO           | 16        | 88,5  |
| FIRENZE            | 17        | 87,5  |
| MARCHE             | 17        | 87,5  |
| GENOVA             | 19        | 87,0  |
| PIEMONTE ORIENTALE | 20        | 86,5  |
| TORINO             | 21        | 86,0  |
| MILANO             | 22        | 85,5  |
| BRESCIA            | 23        | 85,0  |
| NAPOLI 2 - CASERTA | 24        | 84,0  |
| ROMA TRE           | 24        | 84,0  |
| BARI POLITECNICO   | 26        | 83,5  |

SEGUE ➔