

Calcolo del cutoff geomagnetico lungo l'orbita della ISS

101° Congresso della Società Italiana di Fisica

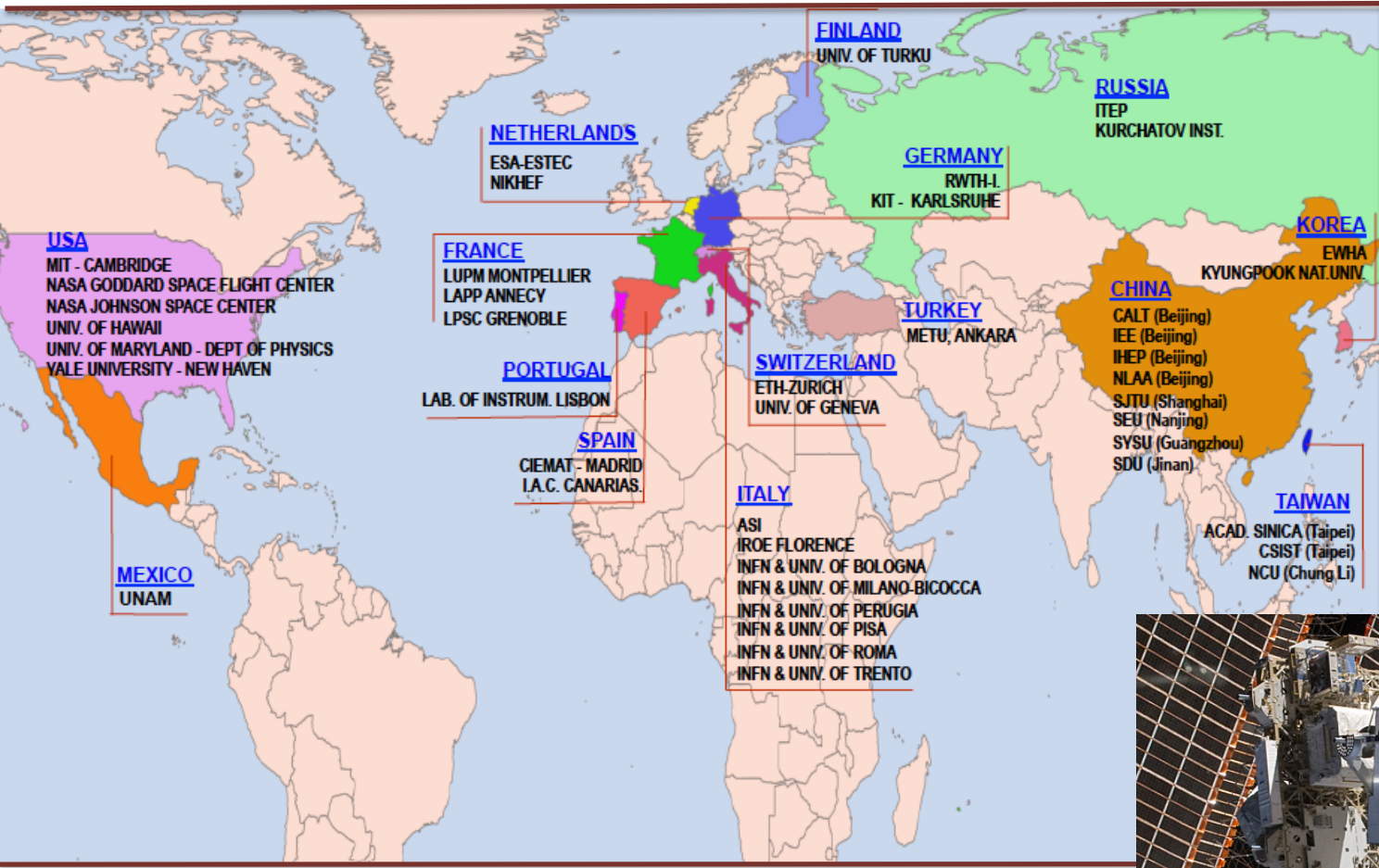
Roma 21 Settembre 2015



Federico Donnini
Università degli Studi e INFN di Perugia



Collaborazione AMS



16 Nazioni
57 Istituti
600 ricercatori

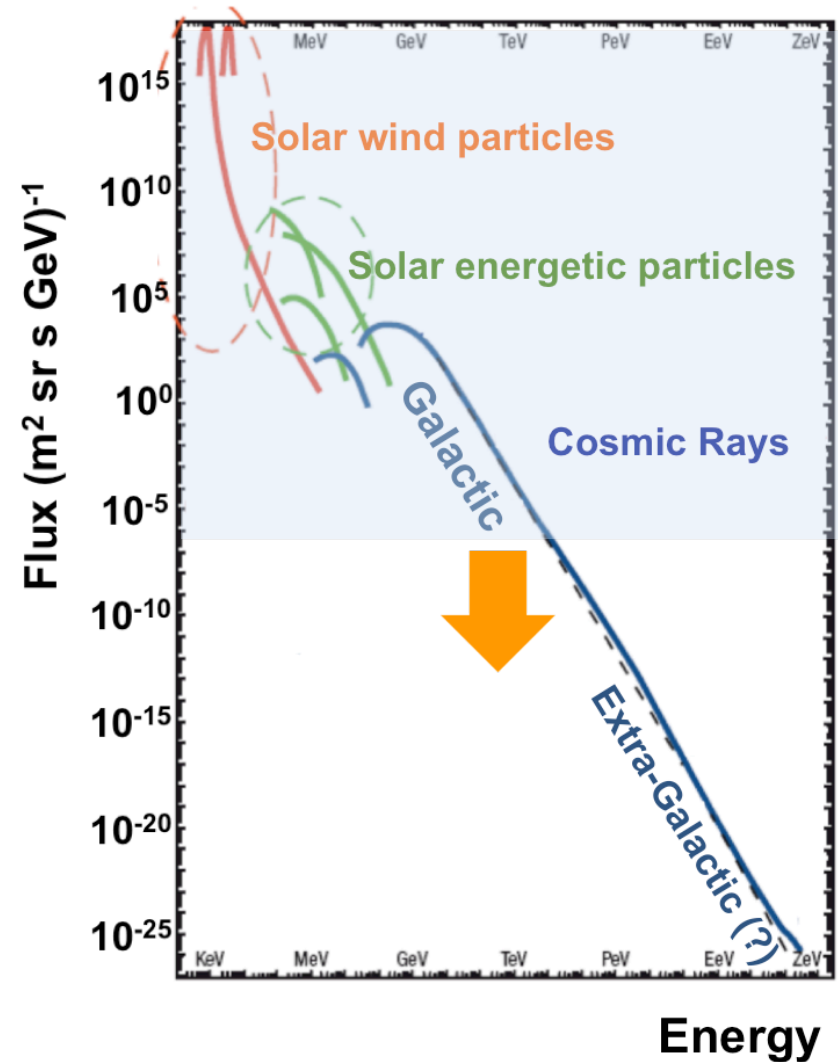


Obiettivo:
Ricerca di tracce di antimateria primordiale e di materia oscura attraverso misure del flusso dei Raggi Cosmici

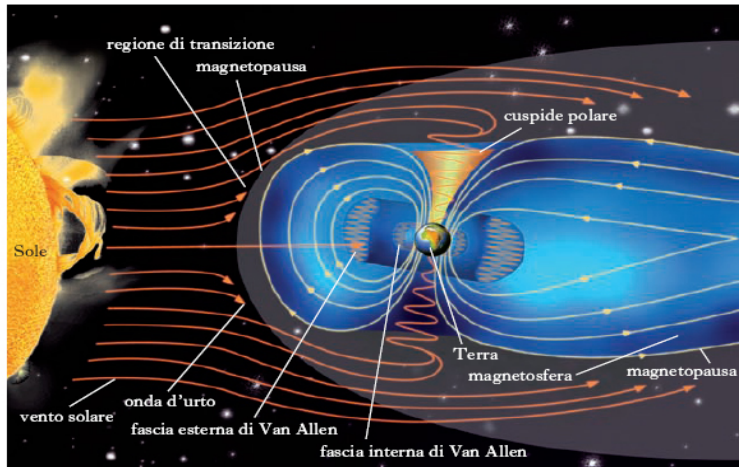
Raggi Cosmici (CR)

Flusso continuo di particelle di origine:

- ✓ **Solare**
protoni, elettroni, tracce di nuclei
- ✓ **Galattica ed extra-galattica**
90% protoni
8% elio
2% elettroni e nuclei con $Z > 2$
- ✓ **Atmosferica**
intrappolate nel campo geomagnetico (protoni ed elettroni)

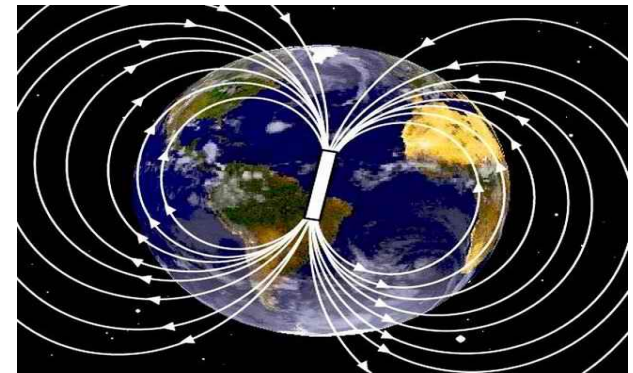


Magnetosfera



- ✓ $\approx 10 R_E$ dalla parte diurna (Sole)
 $\approx 40 R_E$ dalla parte notturna
- ✓ 2 componenti principali del campo magnetico:
campo interno \rightarrow dinamo terrestre
campo esterno \rightarrow correnti nella magnetosfera

- ✓ Campo interno in prima approssimazione dipolare
- ✓ Asse dipolo inclinato di 11.5° rispetto all'asse terrestre, centro spostato di 320 Km a Nord-Ovest
- ✓ Massima intensità ai poli (circa 0.7 Gauss) e minima all'equatore (circa 0.2 Gauss).



Cutoff Geomagnetico

Il campo geomagnetico curva la traiettoria dei CR



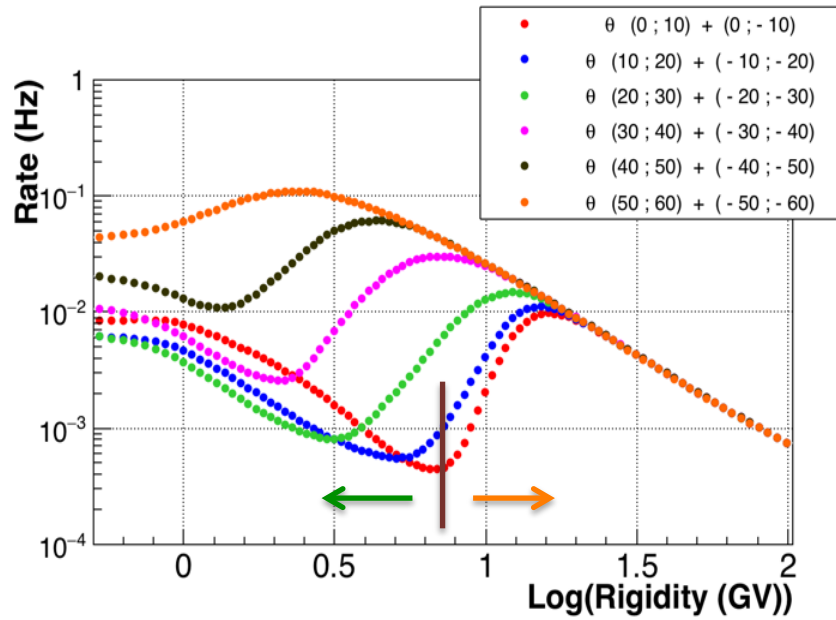
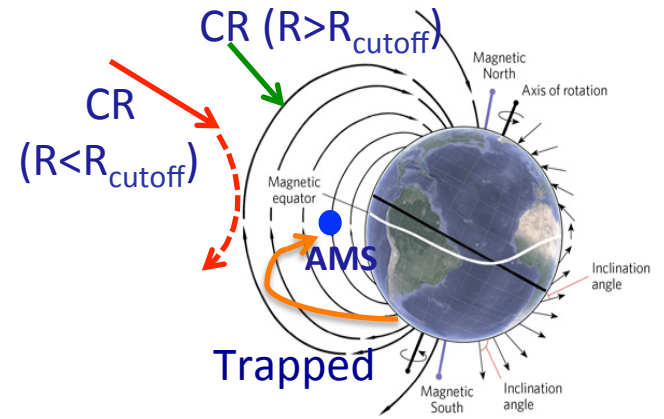
Solo CR con Rigidità R (p/q) $>$ valore soglia raggiungono la superficie terrestre



Rigidità di Cutoff

CR Galattici $R > R_{cutoff}$ \longrightarrow CR primari
 Particelle $R < R_{cutoff}$ \longrightarrow CR secondari

Lo studio del Cutoff permette la separazione della componente primaria da quella secondaria dei CR



Back-Tracing

Primo calcolo cutoff
STOERMER:
Campo Dipolare
Direzione verticale



$$R_{cv} = (14.5 \cos^4 \lambda) / r^2$$



diminuisce con distanza ($1/r^2$)
dipende dalla latitudine (λ)

PROBLEMA: campo terrestre non perfettamente dipolare ed effetto penombra



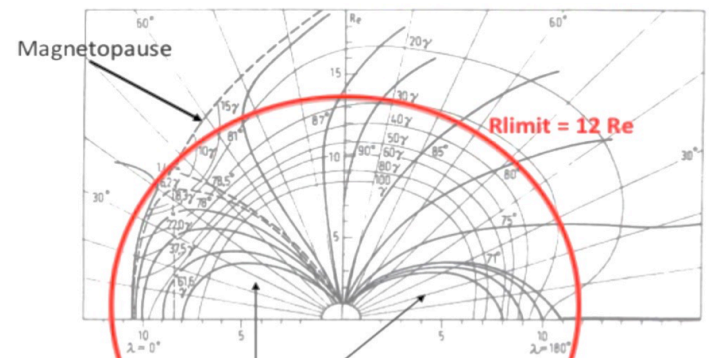
Back-Tracing



Tracciamento traiettoria all'indietro risolvendo eq. del moto nel campo magnetico da posizione e istante noti

Condizioni CR primari (✓) e secondari (X):

- ✓ distanza di $12 R_E$ dal centro del dipolo
- ✓ raggiunge la magnetopausa
- X lunghezza di $1500 R_E$
- X intercetta l'atmosfera a 20 km di altezza



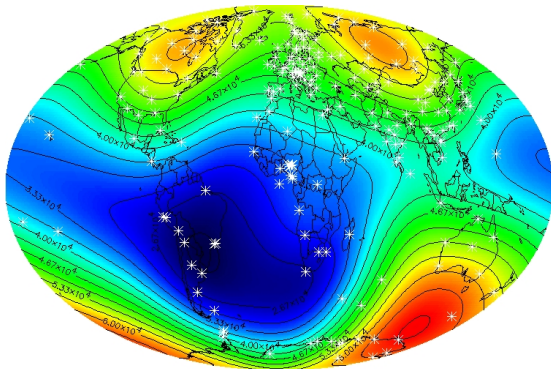
Modelli di Campo

Il cutoff geomagnetico cambia sotto l'influenza della struttura e delle variazioni temporali del campo geomagnetico.

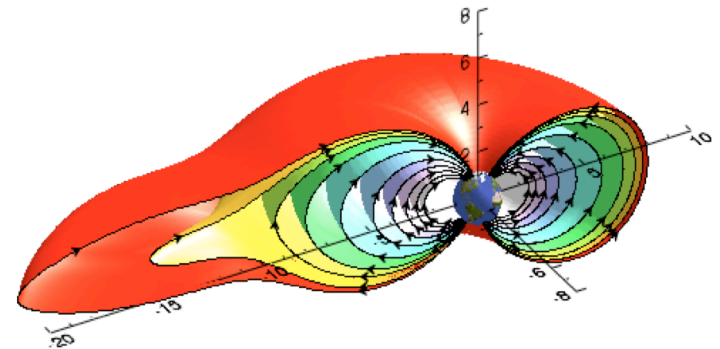
→ Importante la scelta del modello di campo.

Per questo lavoro, i modelli di campo geomagnetico a disposizione sono:

Campo interno: IGRF10



Campo esterno: Tsyganenko05



Parametri campo esterno aggiornati ogni 300 secondi

Indice attività geomagnetica aggiornato ogni 3 ore, utilizzando database NASA

Funzione di Trasmissione

Ad ogni posizione della ISS, a un dato istante:

- 1) Generate 1500 traiettorie con direzioni casuali in un cono di 40° , rigidità casuali
- 2) Determinato l'indice di trasmissione K_{trans} (0 secondari, 1 primari)
- 3) Mediato K_{trans} sulle direzioni di arrivo \longrightarrow Funzione di Trasmissione $J_k(R)$

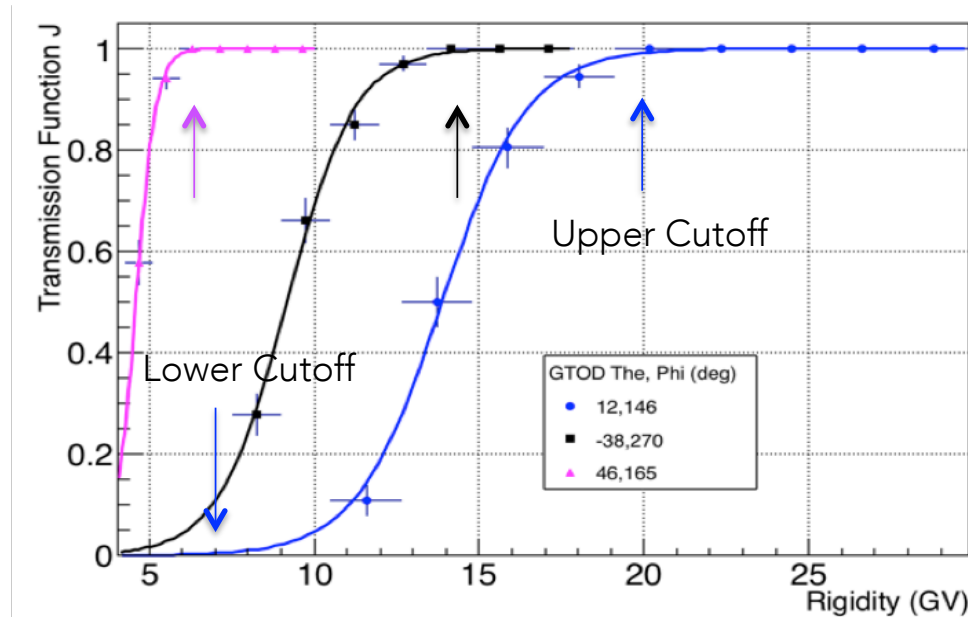


$$J_k(R) = \frac{1}{1 + e^{\frac{R-R_m}{\delta}}}$$

Definiti:

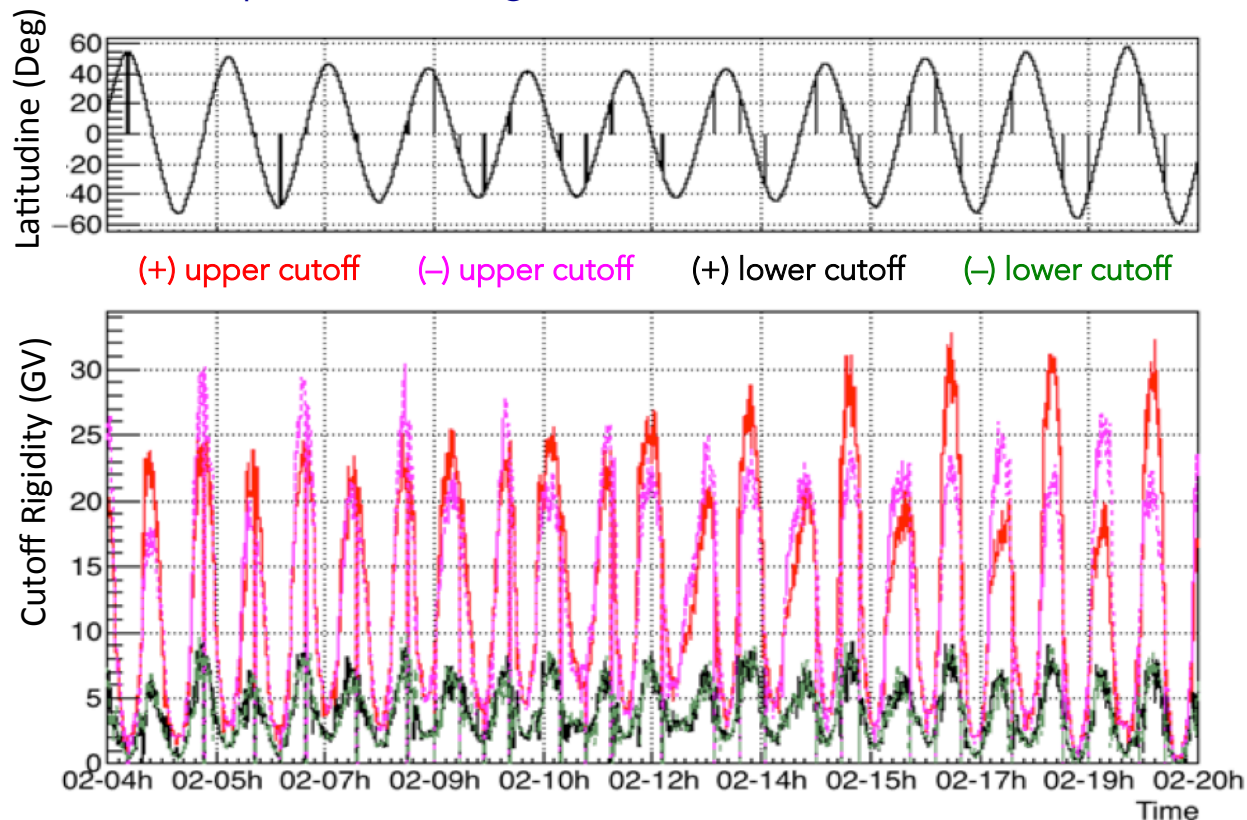
upper cutoff \longrightarrow (R con $J_k = 1$)

lower cutoff \longrightarrow (R con $J_k = 0$)



Risultati: Upper e Lower Cutoff

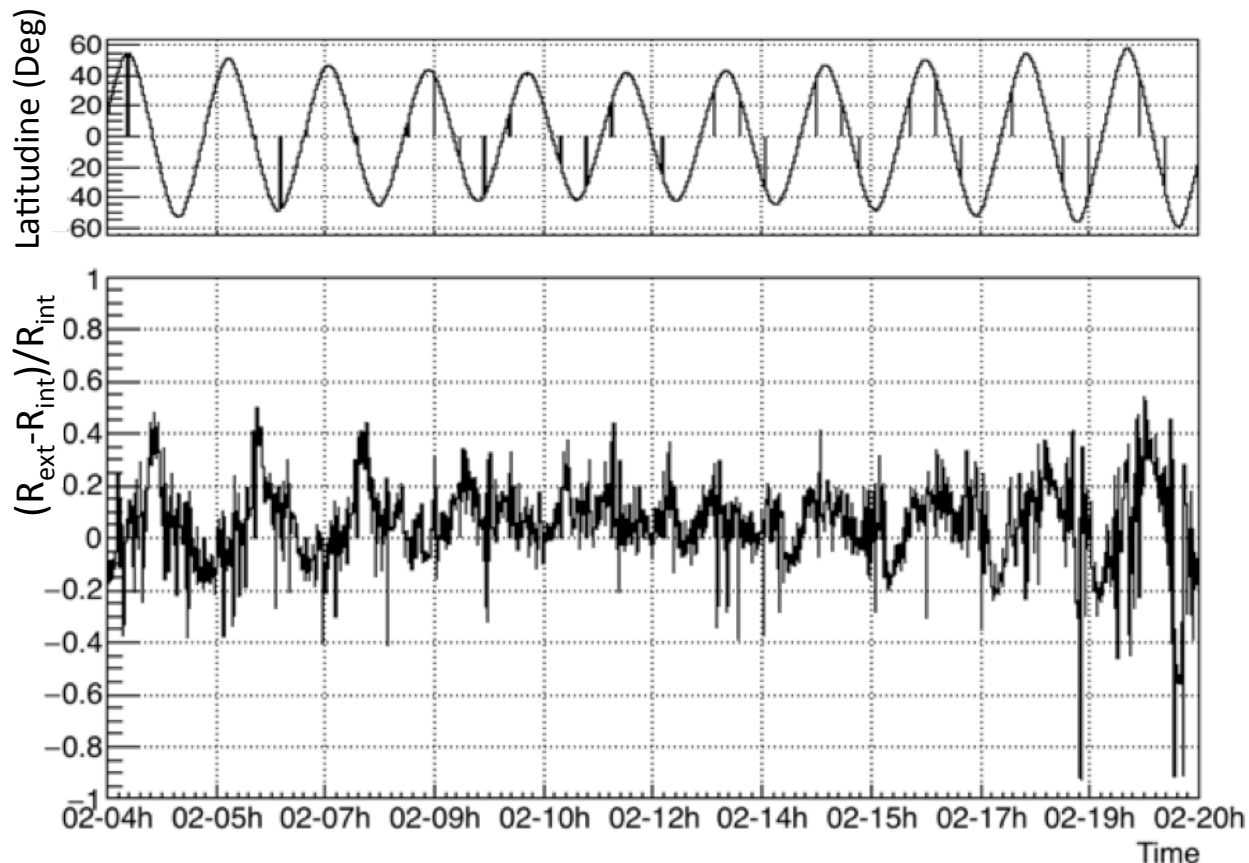
Cutoff geomagnetici calcolati per particelle di carica positiva (+) e negativa (-) per 1 anno a partire da luglio 2011 a intervalli di 30 secondi.



upper cutoff → differenze tra + e -, anticorrelazione con latitudine
lower cutoff → no dipendenza da carica, anticorrelazione con latitudine

Risultati: Campo Esterno

Confronto fra i risultati del back-tracing con o senza campo esterno:

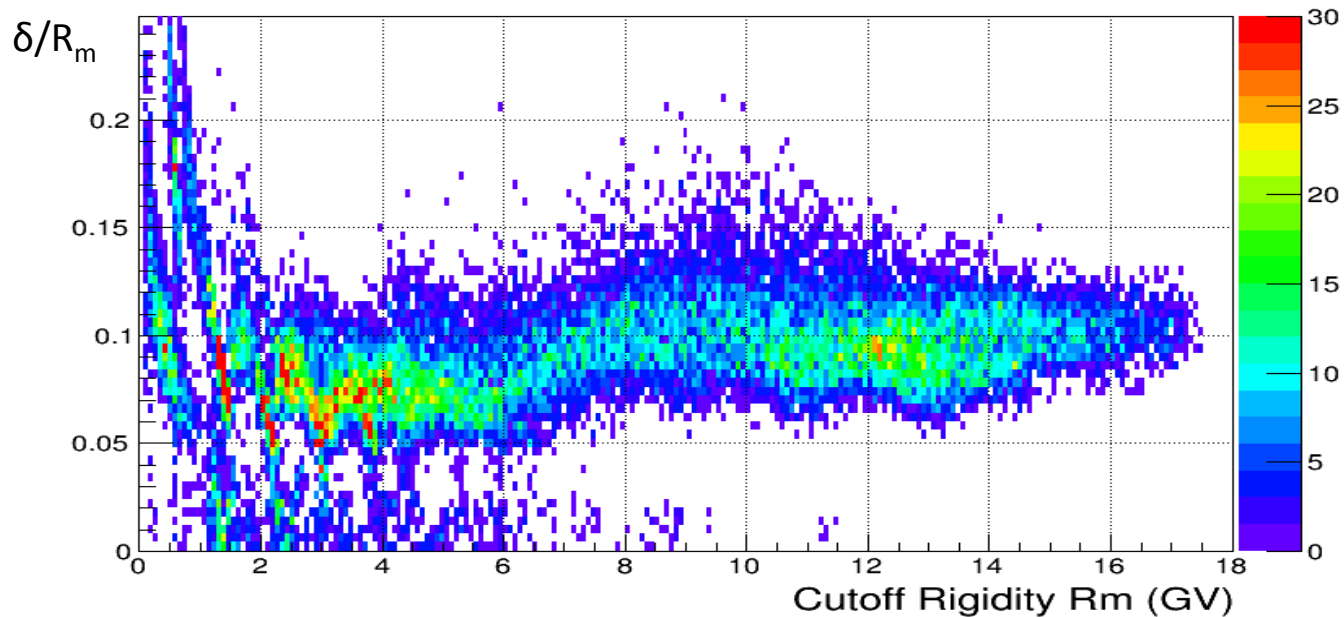


Assenza campo
esterno



cutoff sottostimato alle alte latitudini e sovrastimato alle basse; discrepanza superiore al 40% nelle regioni polari.

Risultati: Penombra



Il rapporto fra larghezza della penombra δ e cutoff geomagnetico dipende debolmente dal cutoff \longrightarrow debole dipendenza dalla posizione

Conclusioni

In questo lavoro è stata presentata una tecnica di calcolo del cutoff geomagnetico lungo l'orbita della ISS

I cutoff geomagnetici sono stati calcolati per particelle di carica positiva e negativa per 1 anno a partire da luglio 2011 a intervalli di 30 secondi.

L'upper cutoff mostra differenze fra particelle positive e negative, con anticorrelazione rispetto alla latitudine magnetica.

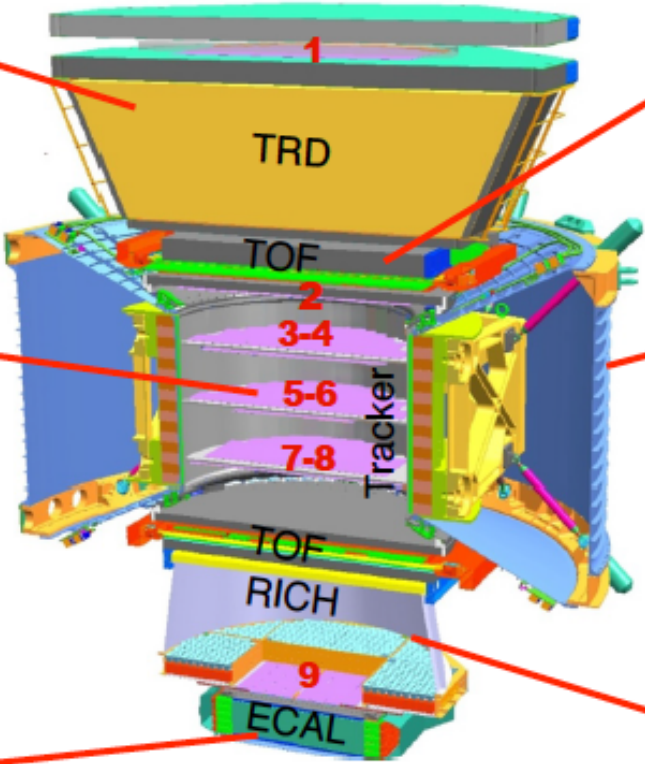
Il lower cutoff non mostra alcuna dipendenza dal segno della carica

Il confronto tra back-tracing con o senza campo esterno mostra discrepanze superiori al 40% nelle regioni polari.

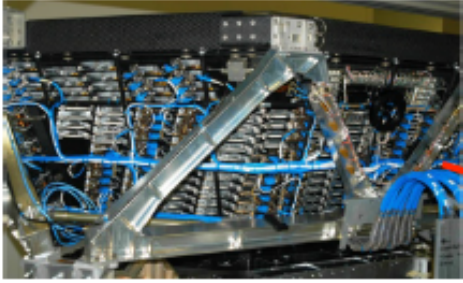
Il rapporto fra larghezza della penombra e il cutoff geomagnetico dipende debolmente dalla posizione

AMS-02 Detector

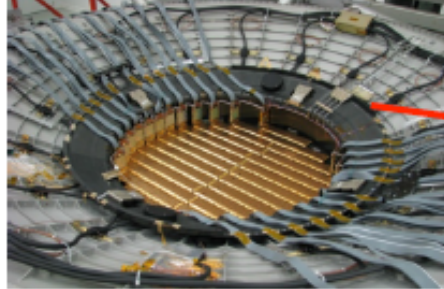
AMS-02



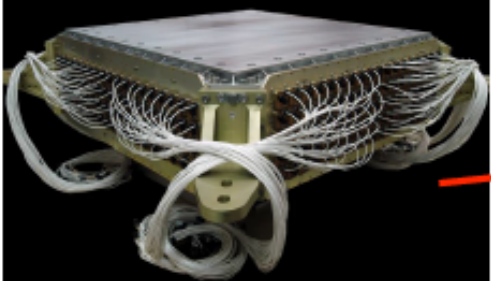
TRD: Identifies e^+ , e^-



Silicon Tracker: Z, P



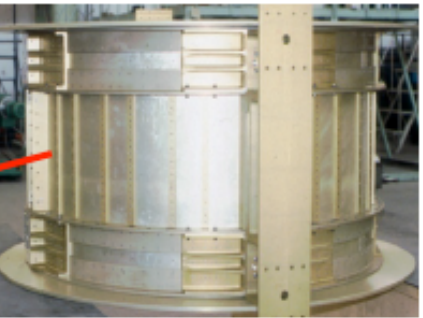
ECAL: energy: e^+ , e^- , γ



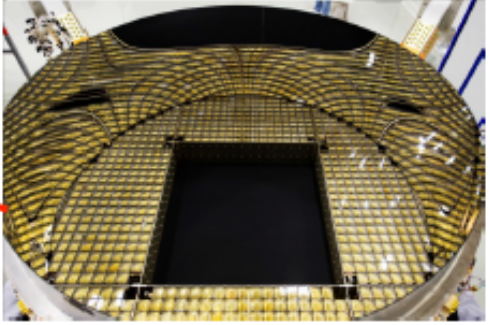
TOF: Z, E



Magnet: $\pm Z$



RICH: Z, E



5m x 4m x 3m, 7.5 tons