



AMS-02 sulla Stazione Spaziale Internazionale: risultati recenti e prospettive

V. Formato per la collaborazione AMS
INFN - Sezione di Perugia
19/04/2017 - IFAE - Trieste



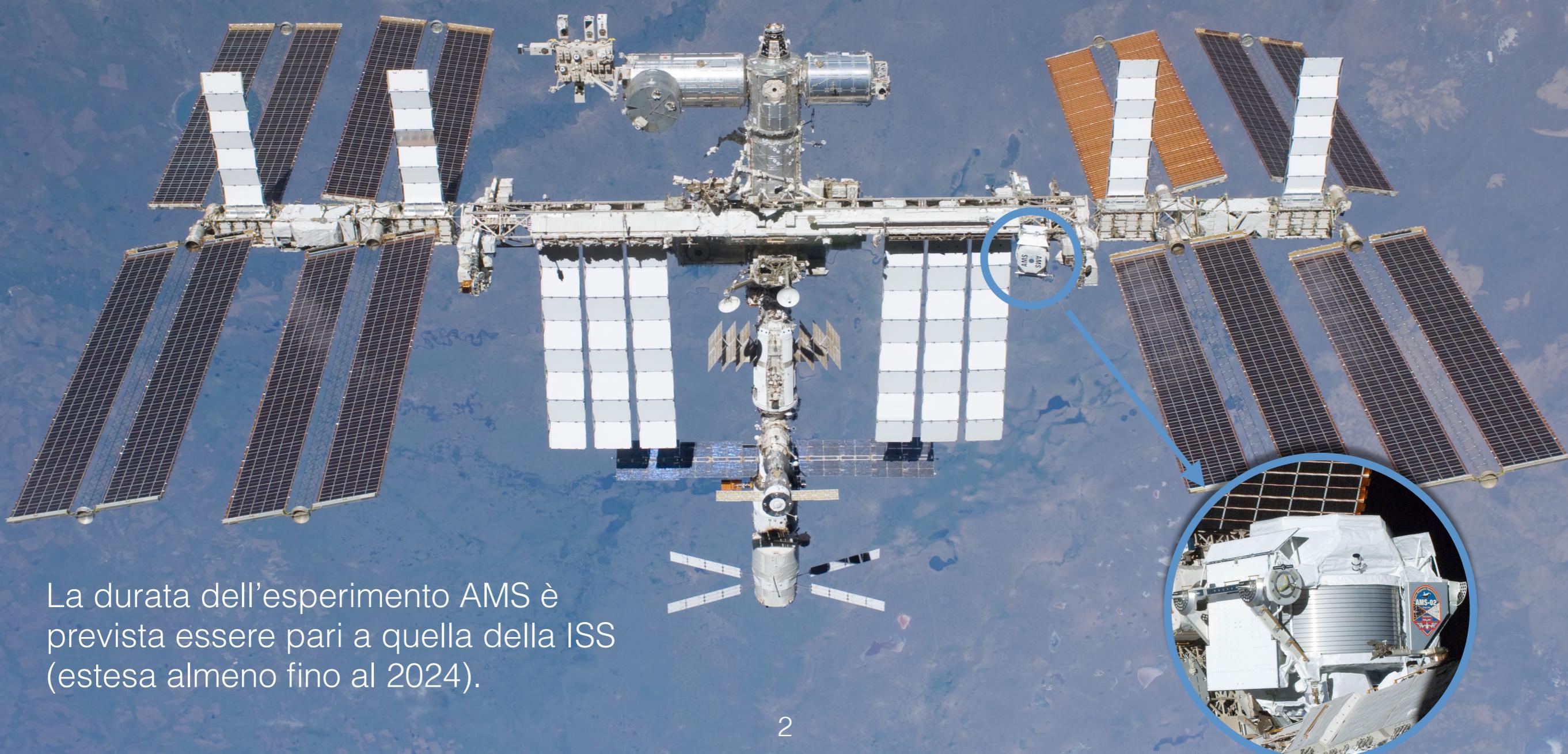


AMS-02 in orbita



AMS-02 è uno **spettrometro magnetico** a grande accettanza in grado di misurare con precisione particelle nel range di energia **GeV-TeV**.

Dal 19 Maggio **2011** AMS-02 è in funzione sulla stazione spaziale internazionale (ISS).
AMS ha raccolto quasi **100 miliardi di raggi cosmici** in quasi 6 anni.



La durata dell'esperimento AMS è prevista essere pari a quella della ISS (estesa almeno fino al 2024).



AMS-02 in orbita



AMS-02 è uno **spettrometro magnetico** a grande accettanza in grado di misurare con precisione particelle nel range di energia **GeV-TeV**.

Dal 19 Maggio **2011** AMS-02 è in funzione sulla stazione spaziale internazionale (ISS). AMS ha raccolto quasi **100 miliardi di raggi cosmici** in quasi 6 anni.

Outline:

- Obiettivi
- Descrizione dell'apparato
- Risultati (antimateria)
- Risultati (nuclei leggeri)

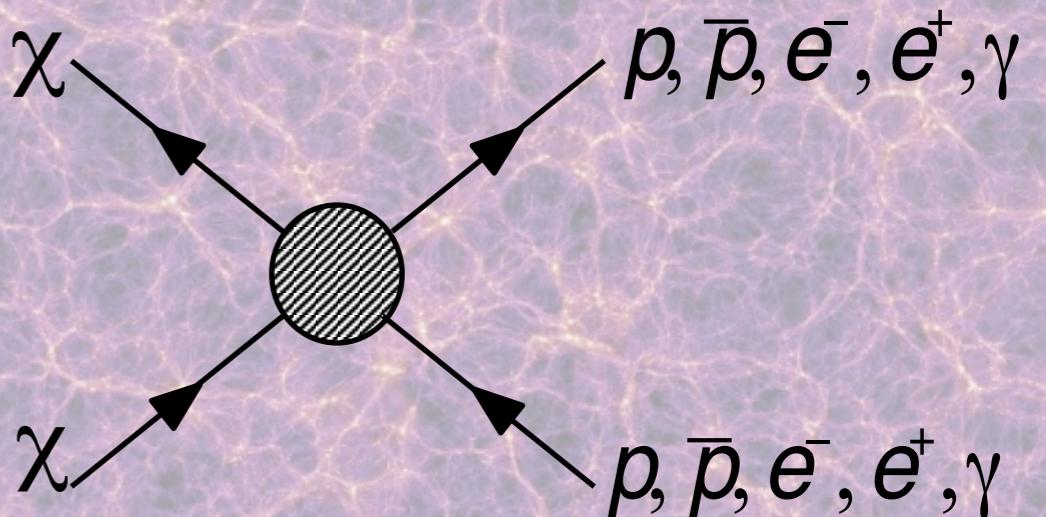
La durata dell'esperimento AMS è prevista essere pari a quella della ISS (estesa almeno fino al 2024).



AMS-02: Obiettivi



- Fisica fondamentale
 - Antimateria primordiale (antinuclei)
 - Stati “esotici” (SQM)
 - Nuova fisica (materia oscura)



Dark Matter search

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

Annihilation

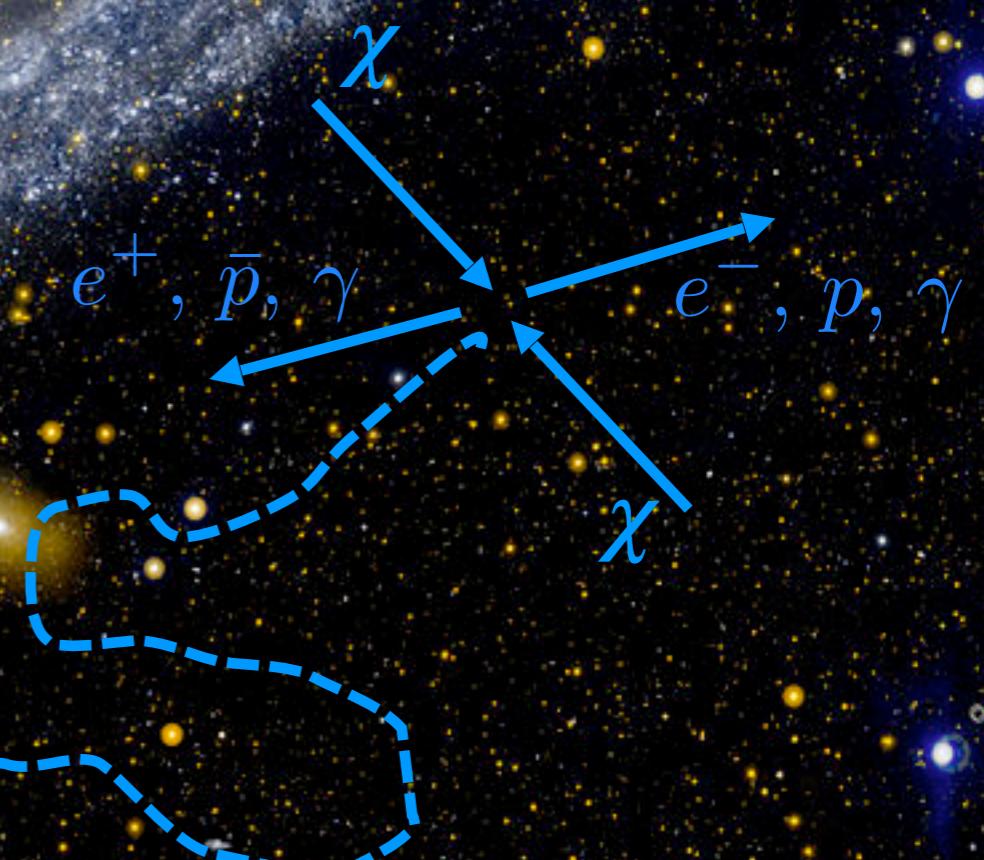
$$\chi + \eta \rightarrow \chi + \eta$$

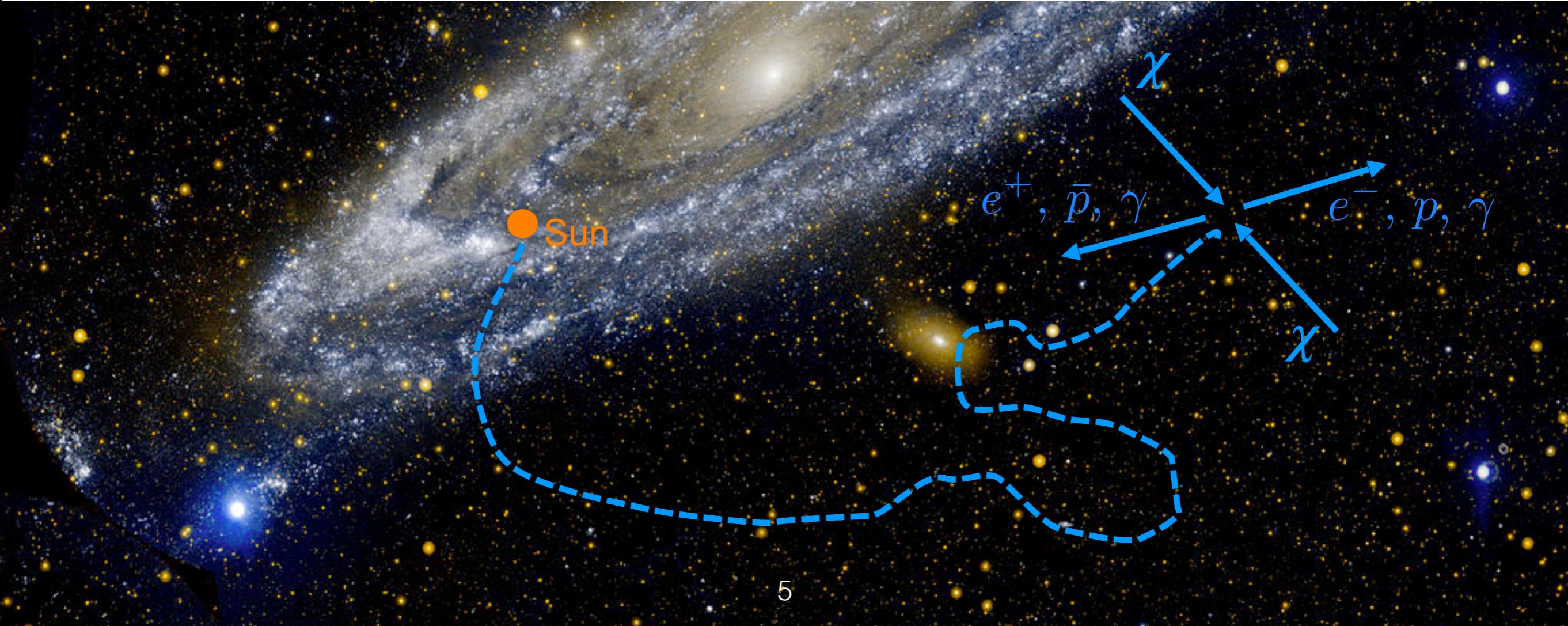
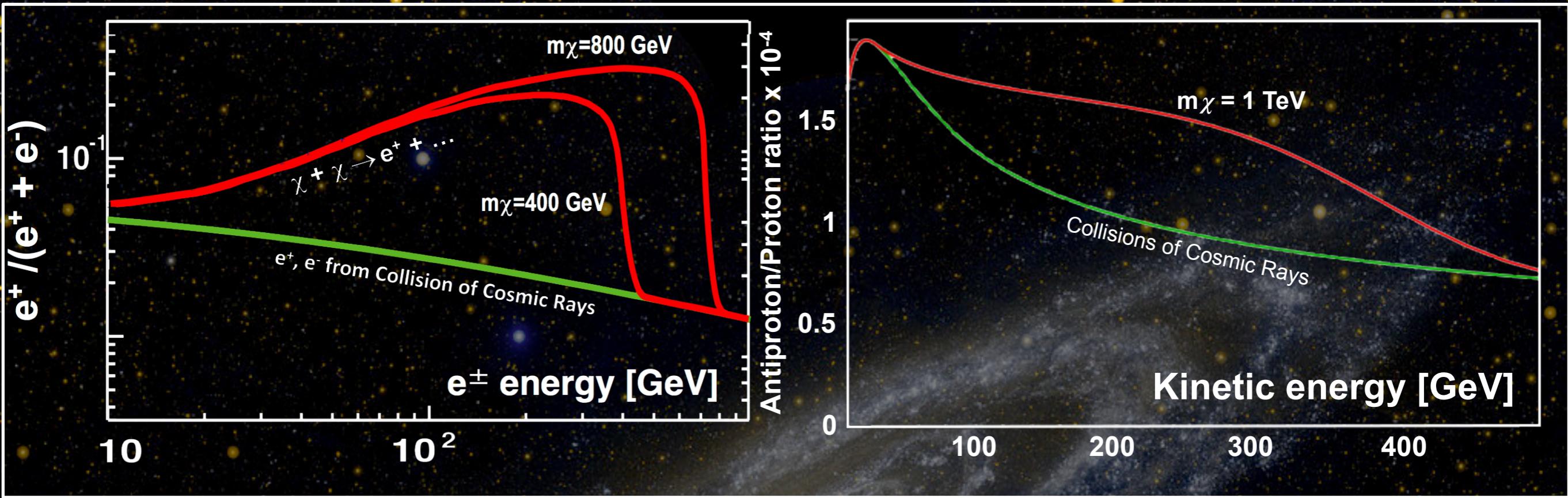
Scattering

$$\chi \rightarrow \chi$$

Production

$$\chi + \chi \leftarrow p + p$$



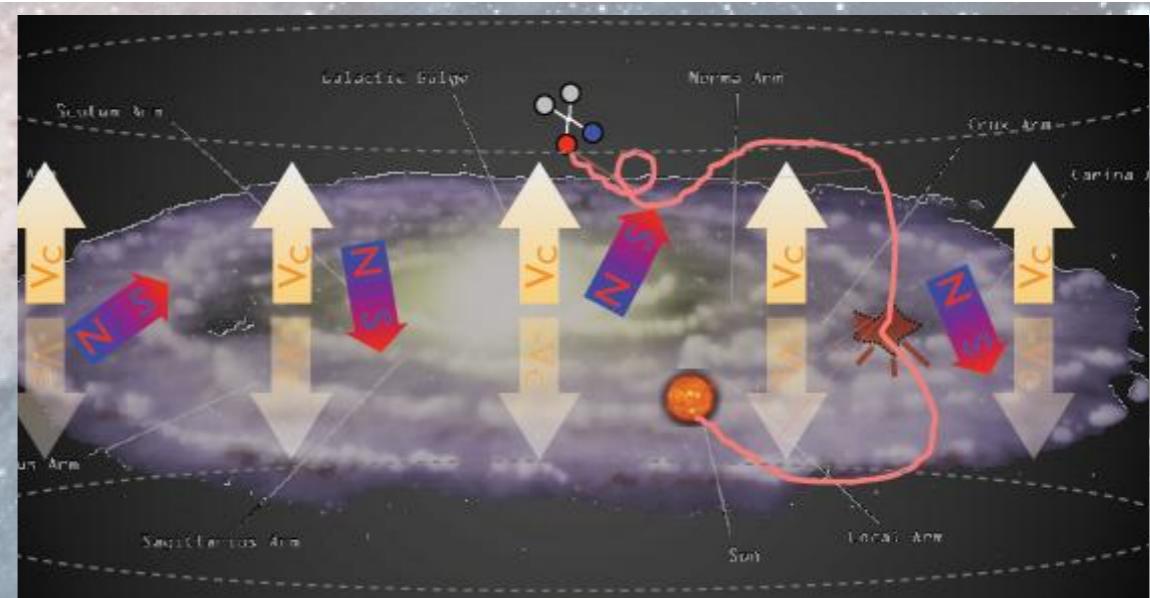
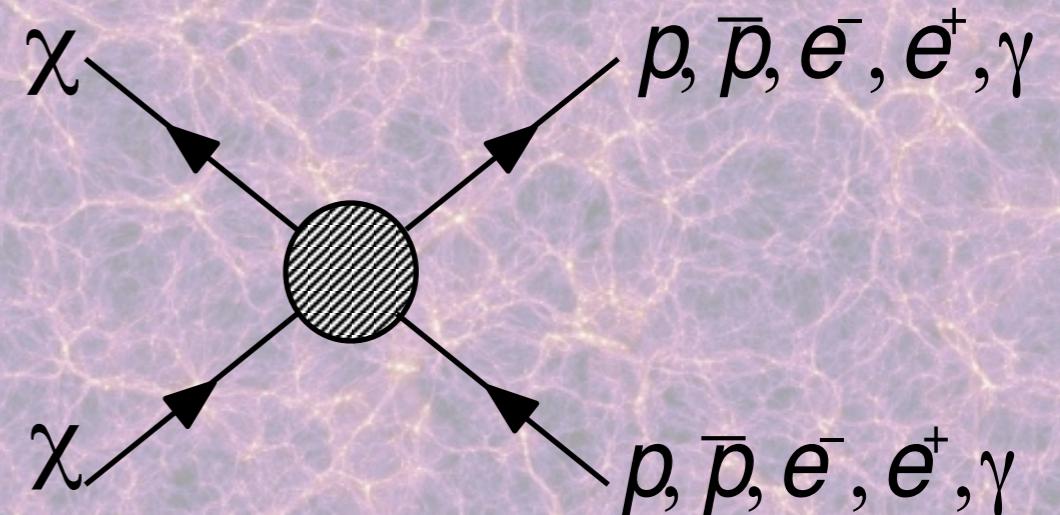


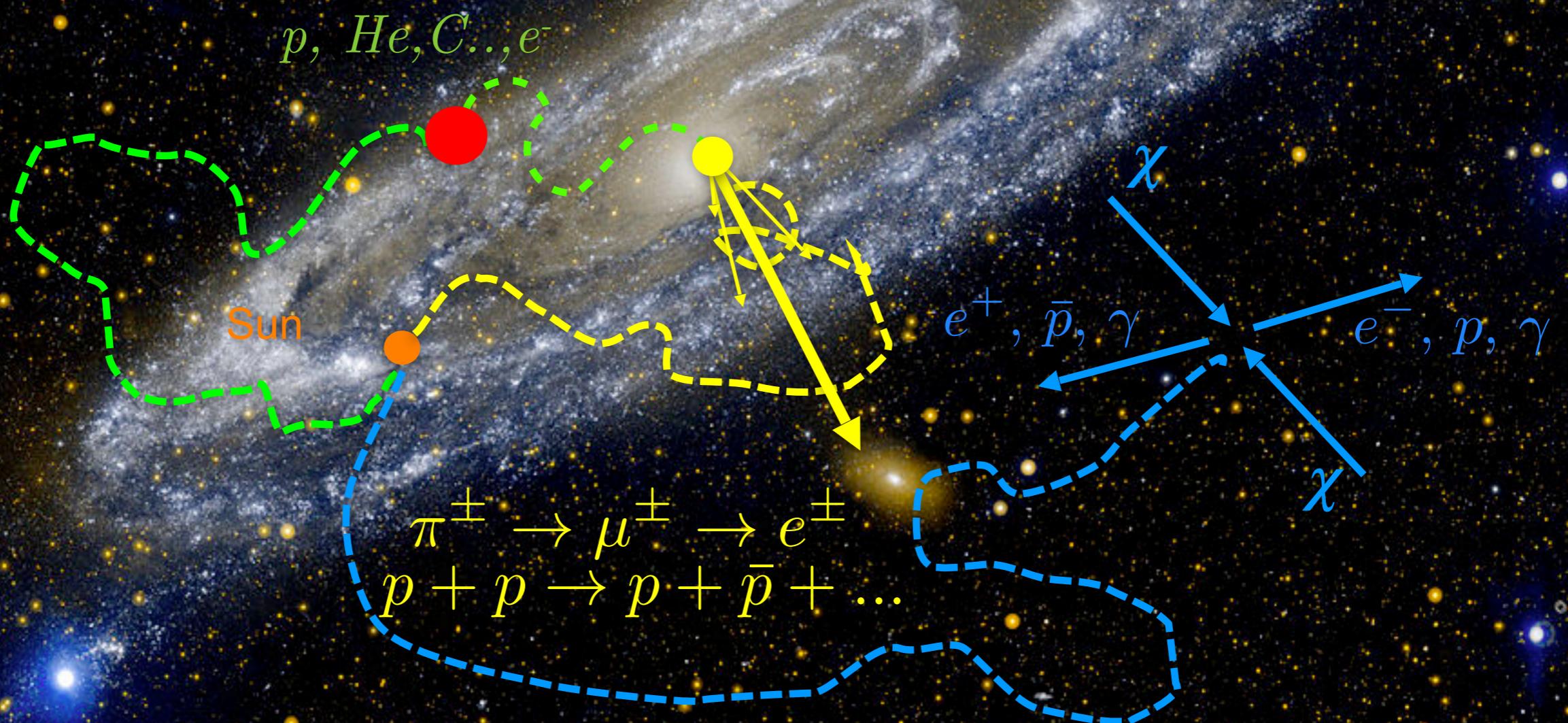


AMS-02: Obiettivi



- Fisica fondamentale
 - Antimateria primordiale (antinuclei)
 - Stati “esotici” (SQM)
 - Nuova fisica (materia oscura)
- Fisica dei raggi cosmici
 - Origine e accelerazione (r.c. primari: p, He, C, O, ...)
 - Propagazione nella Galassia (r.c. secondari: Li, Be, B, ...)



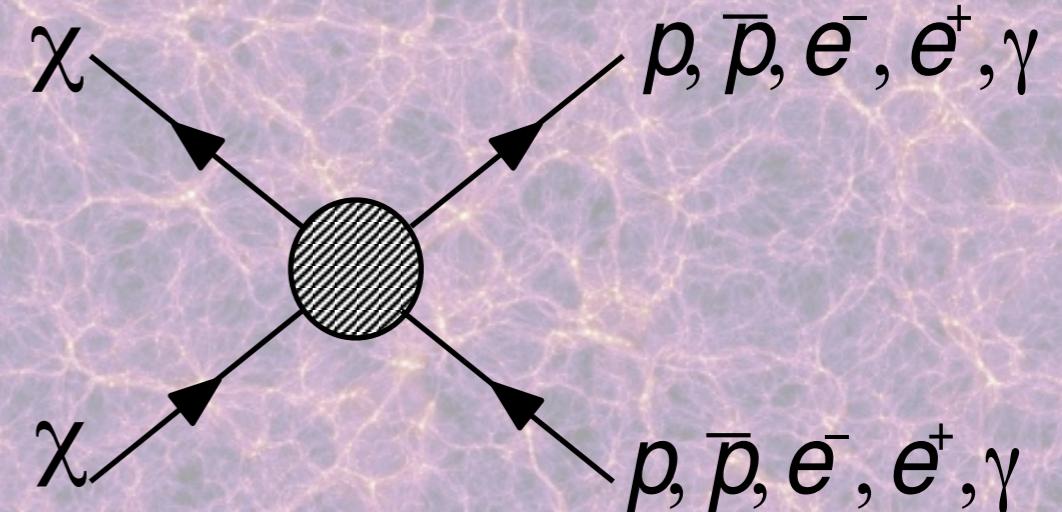




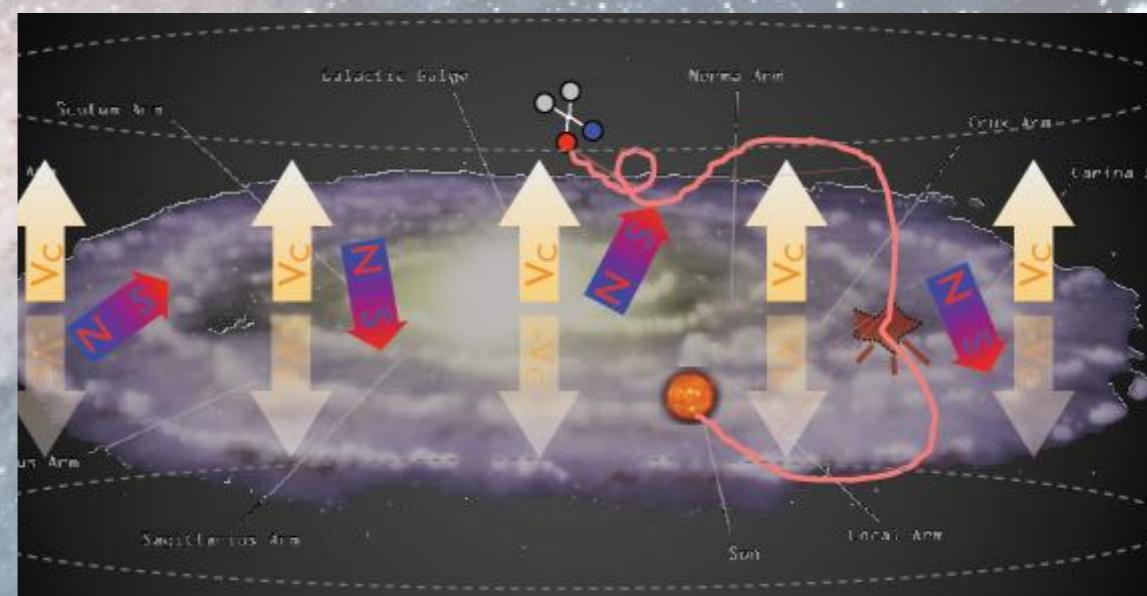
AMS-02: Obiettivi



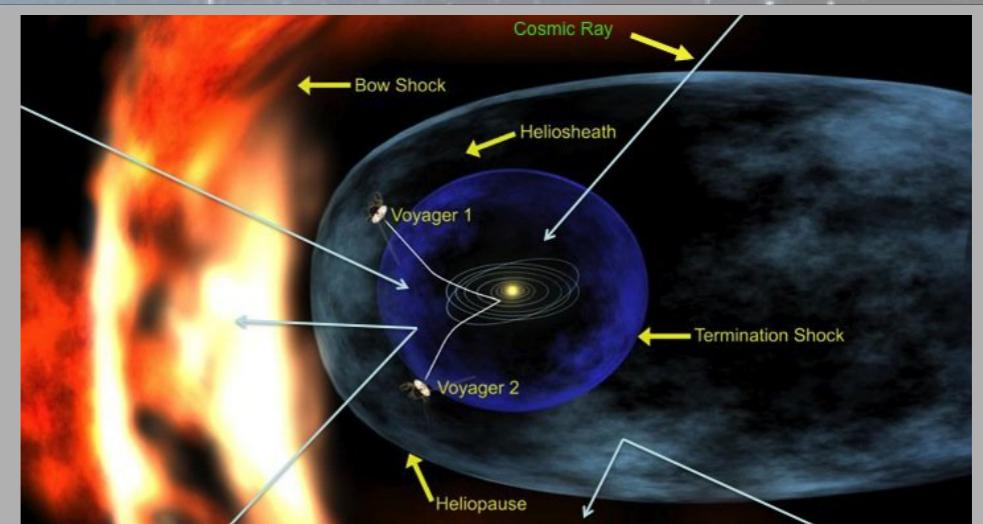
- Fisica fondamentale
 - Antimateria primordiale (antinuclei)
 - Stati “esotici” (SQM)
 - Nuova fisica (materia oscura)



- Fisica dei raggi cosmici
 - Origine e accelerazione (r.c. primari: p, He, C, O, ...)
 - Propagazione nella Galassia (r.c. secondari: Li, Be, B, ...)



- Fisica solare e geomagnetica
 - Propagazione nell'eliosfera
 - Effetti del campo geomagnetico

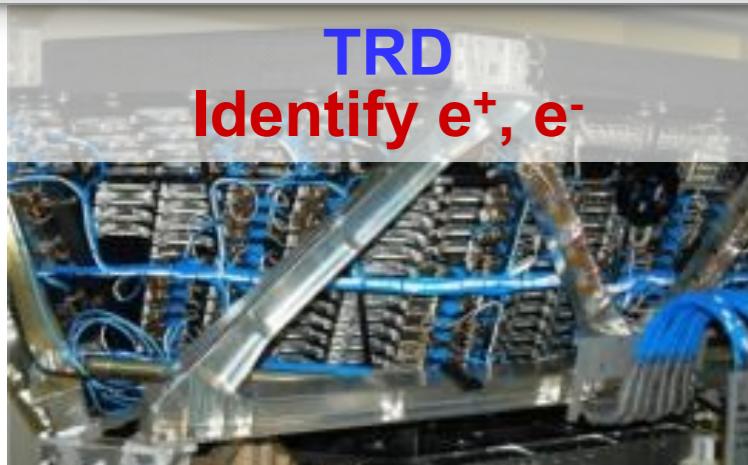




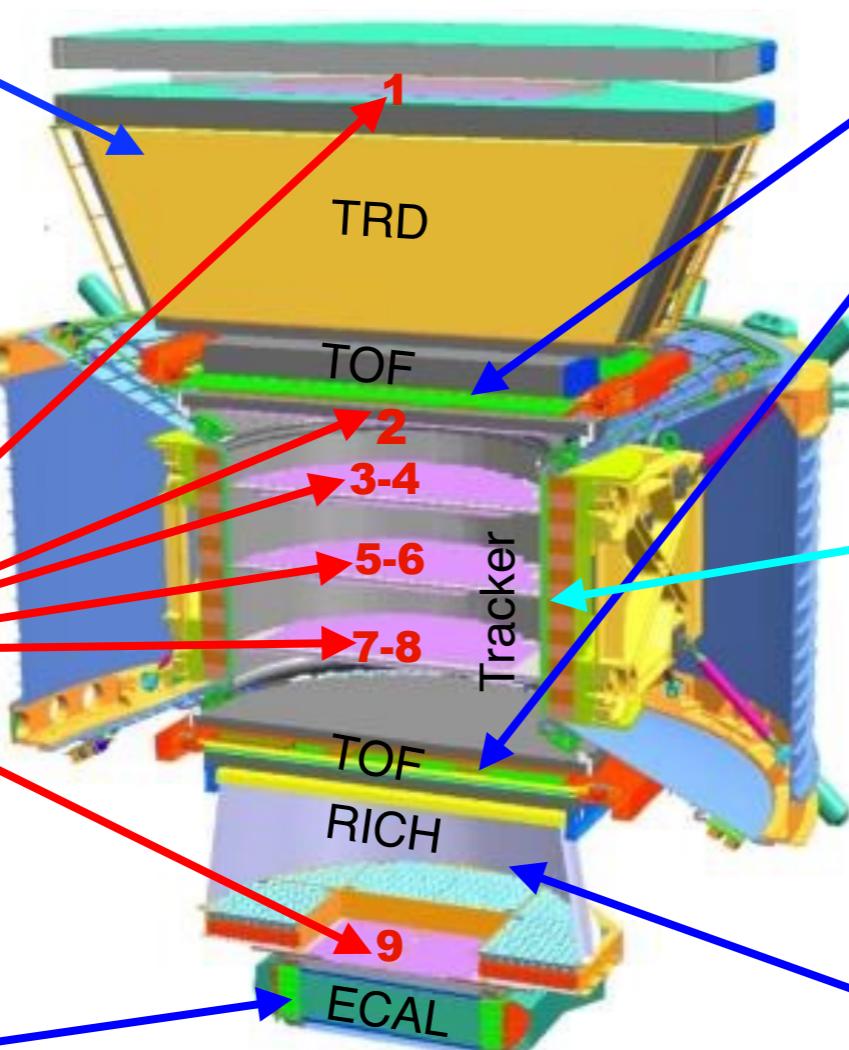
AMS in a nutshell



TRD
Identify e^+ , e^-



Carica (Z) e momento ($P \leftrightarrow E$) misurati indipendentemente da *Tracker*, *RICH*, *TOF* e *ECAL*



Silicon Tracker
Z, P



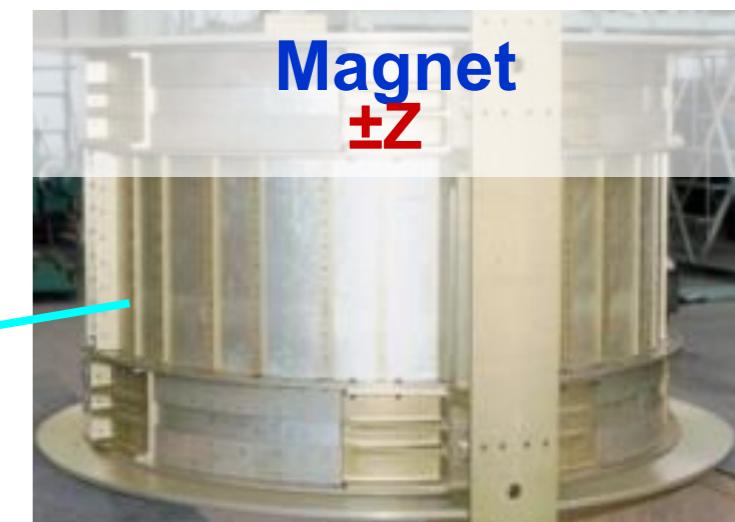
ECAL
E of e^+ , e^- , γ



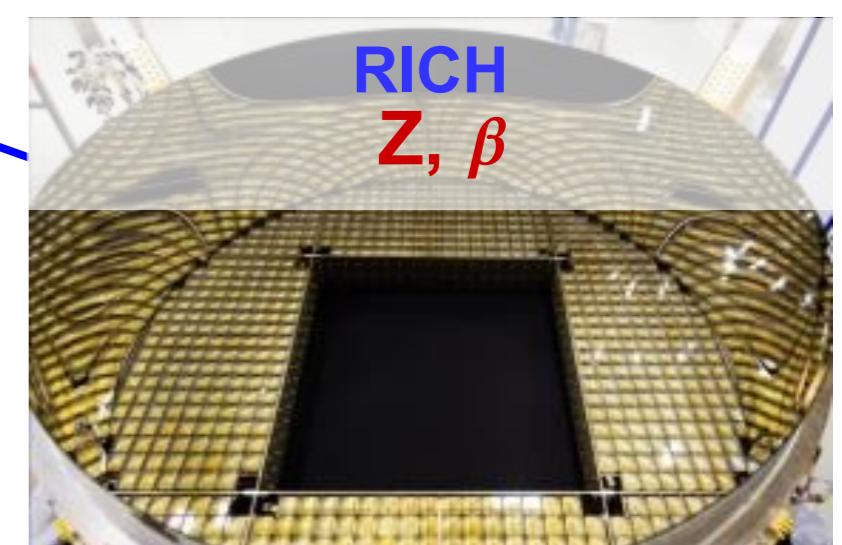
TOF
Z, β



Magnet
 $\pm Z$

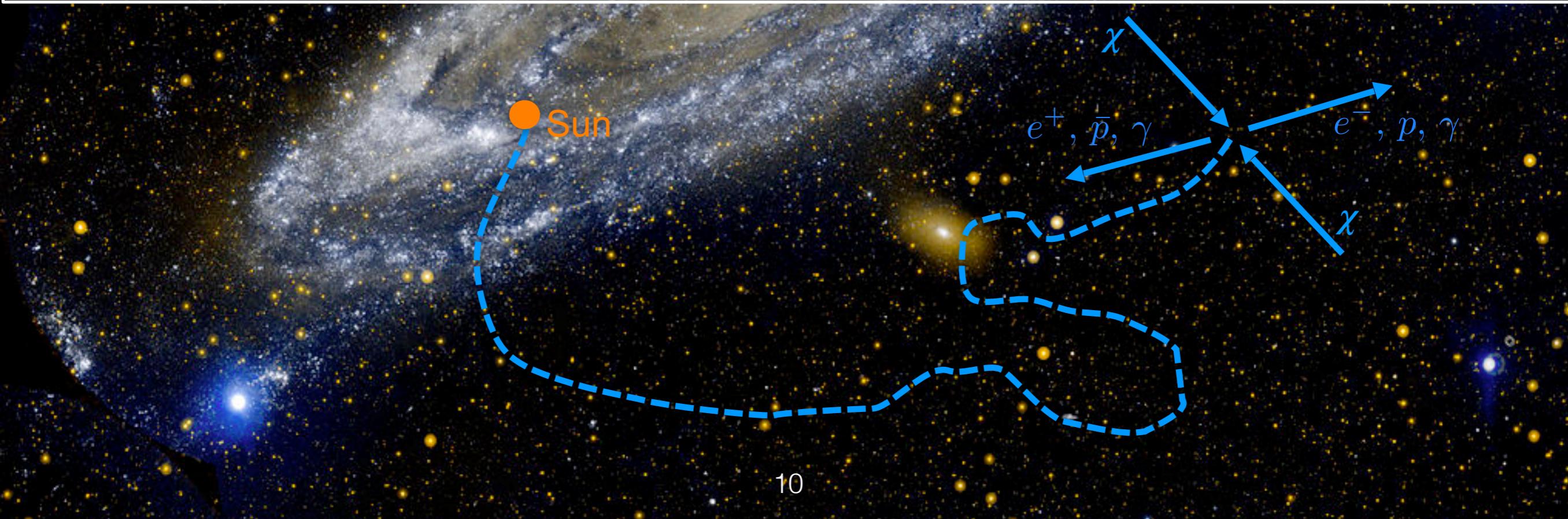
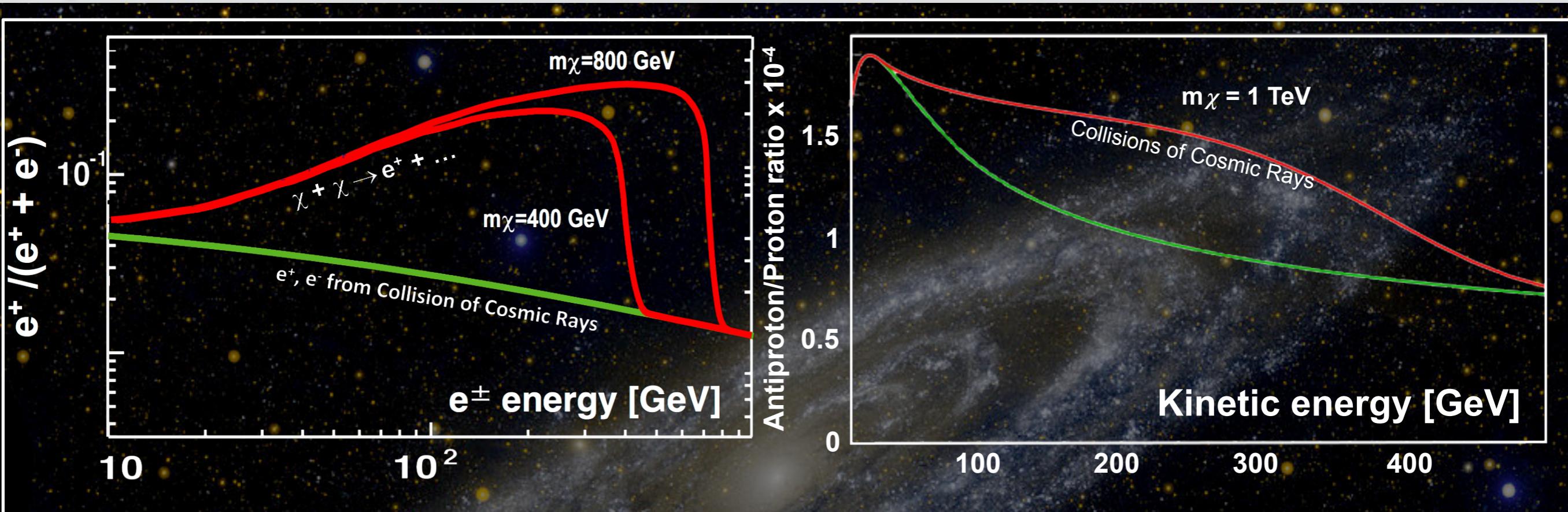


RICH
Z, β





Antimateria

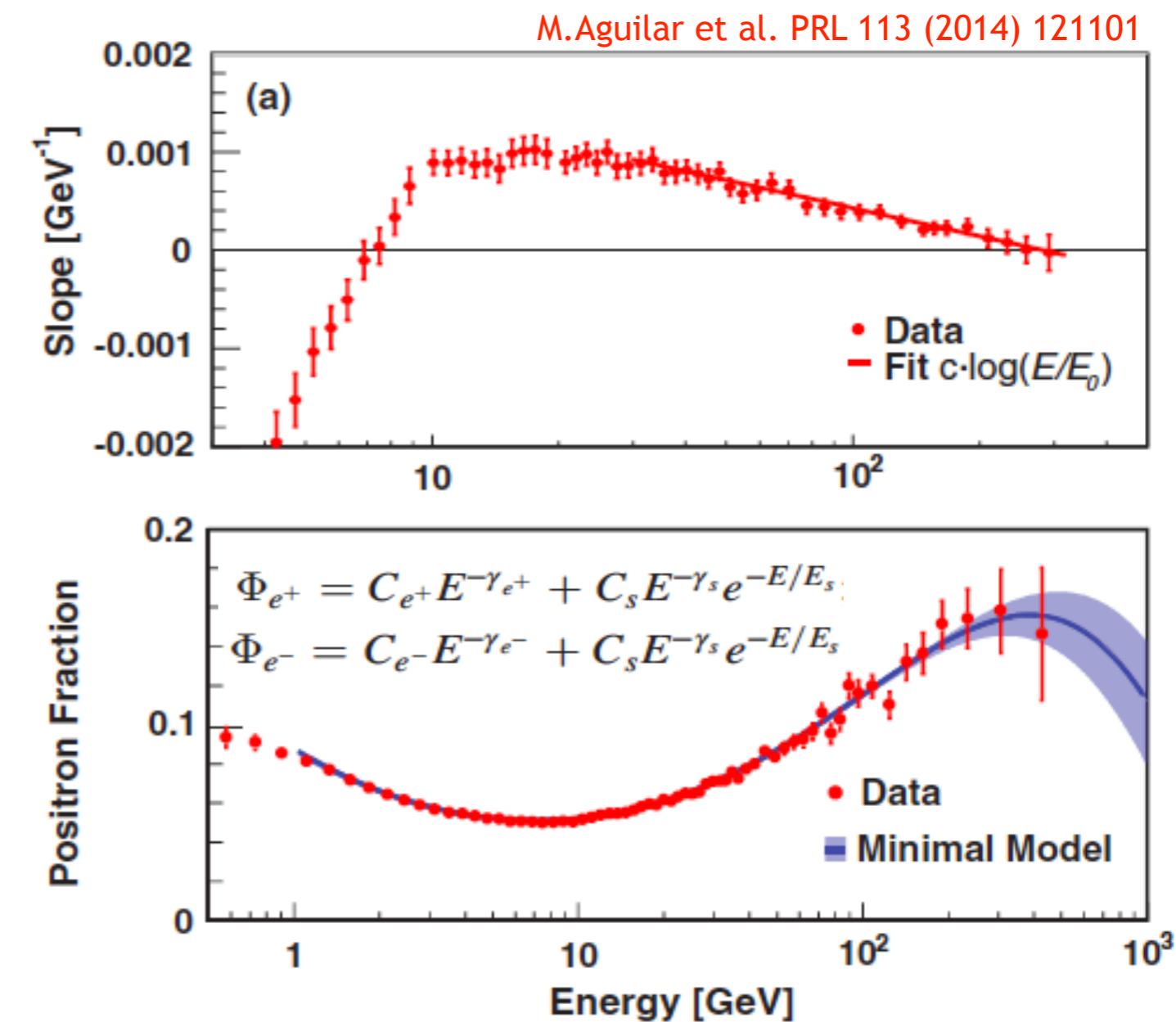
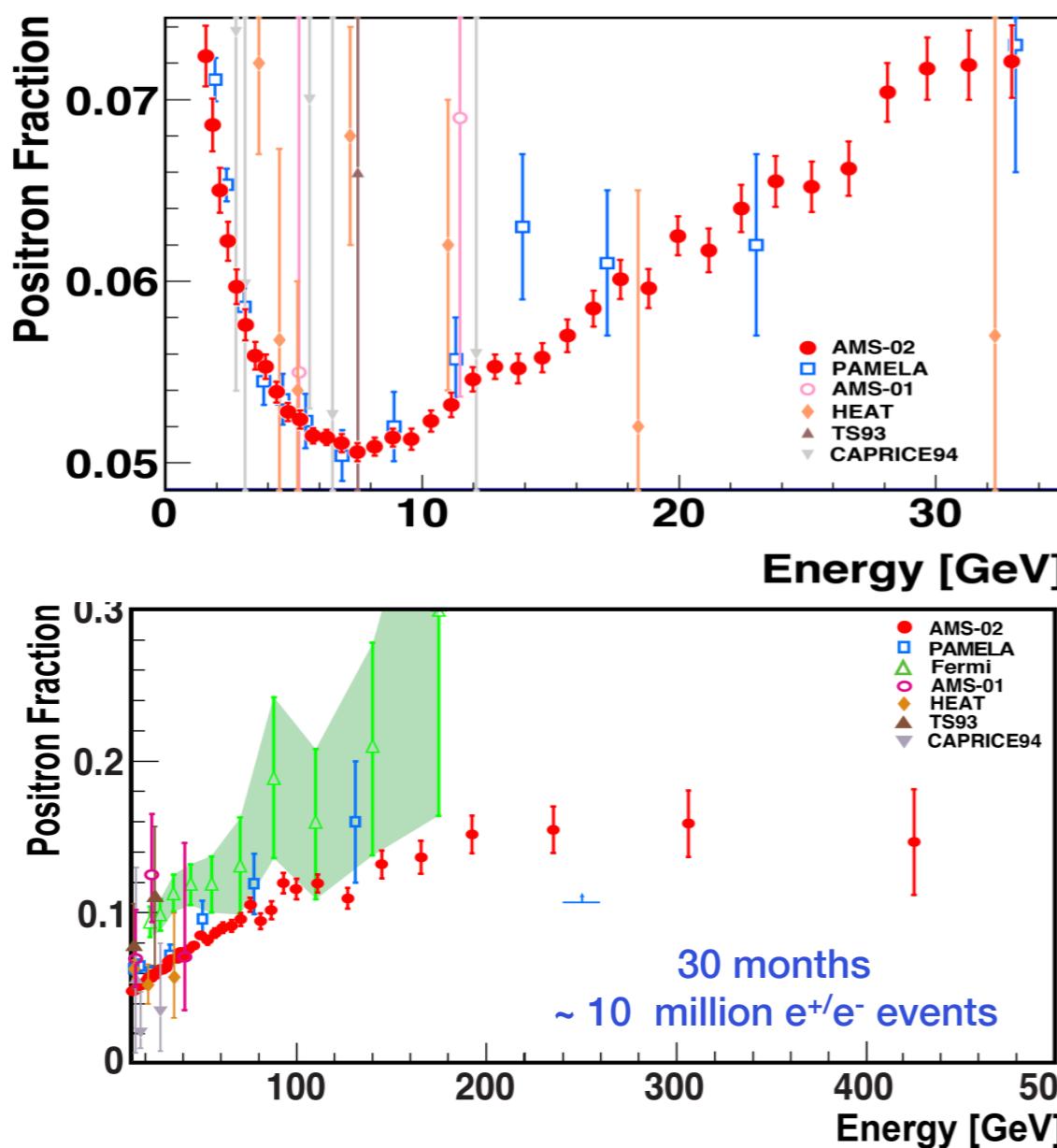




Positron fraction

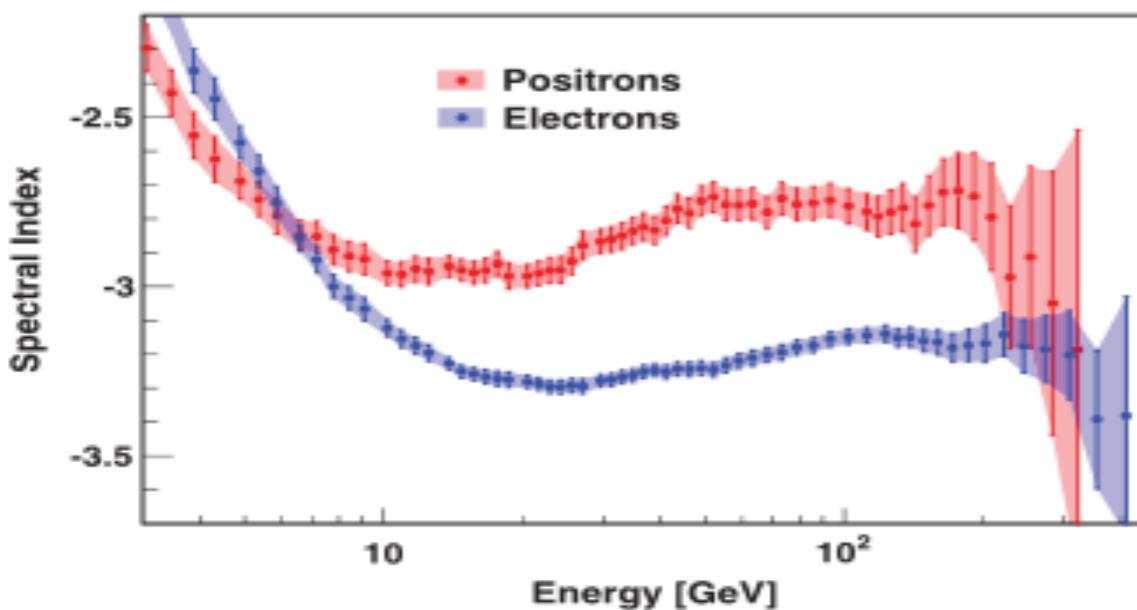
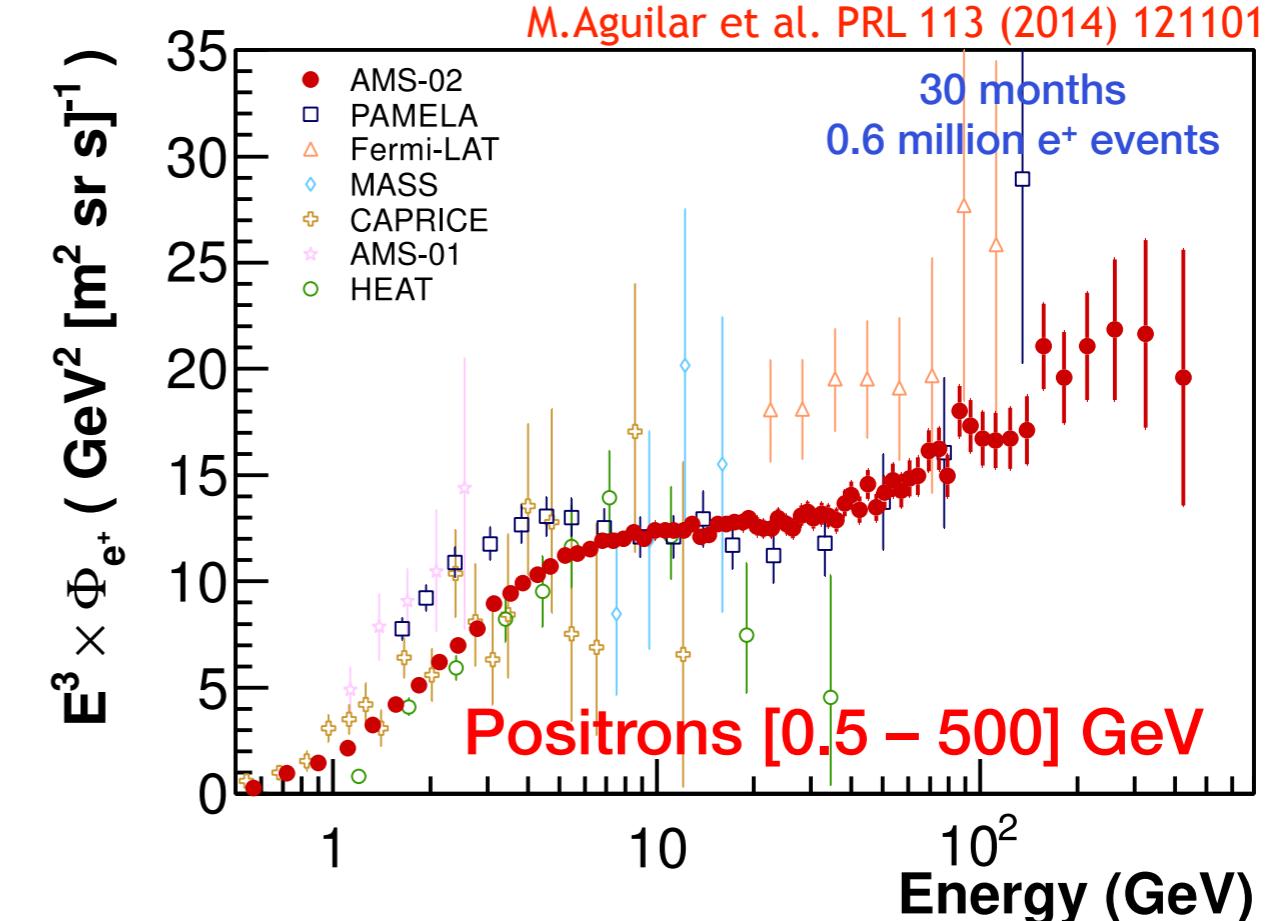
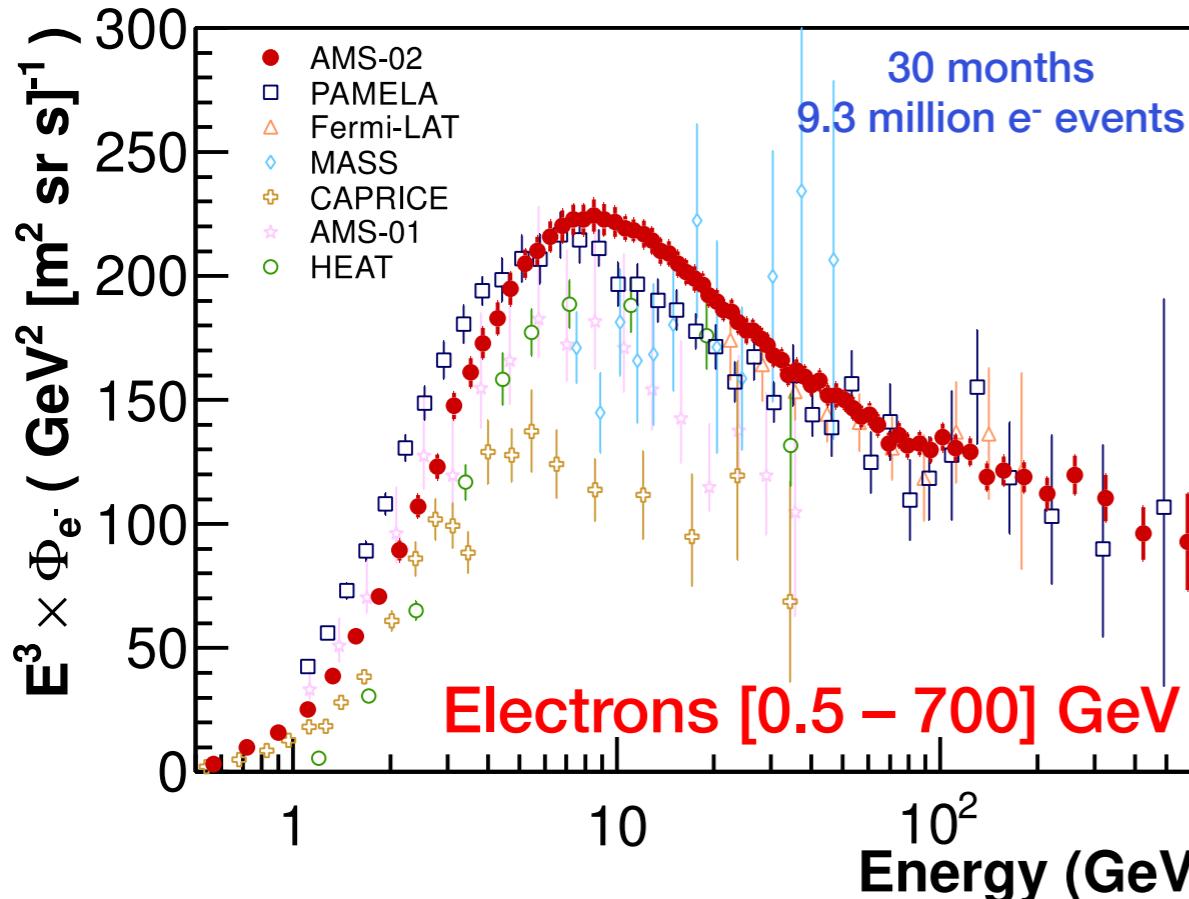


- ✓ Nessuna evidenza di struttura
- ✓ Crescita monotona tra ~ 5 e ~ 275 GeV
- ✓ Buona descrizione anche con un modello “minimale”





Flussi: e^+ , e^-



Elettroni e positroni hanno flussi significativamente diversi, sia in valore assoluto che in forma spettrale.

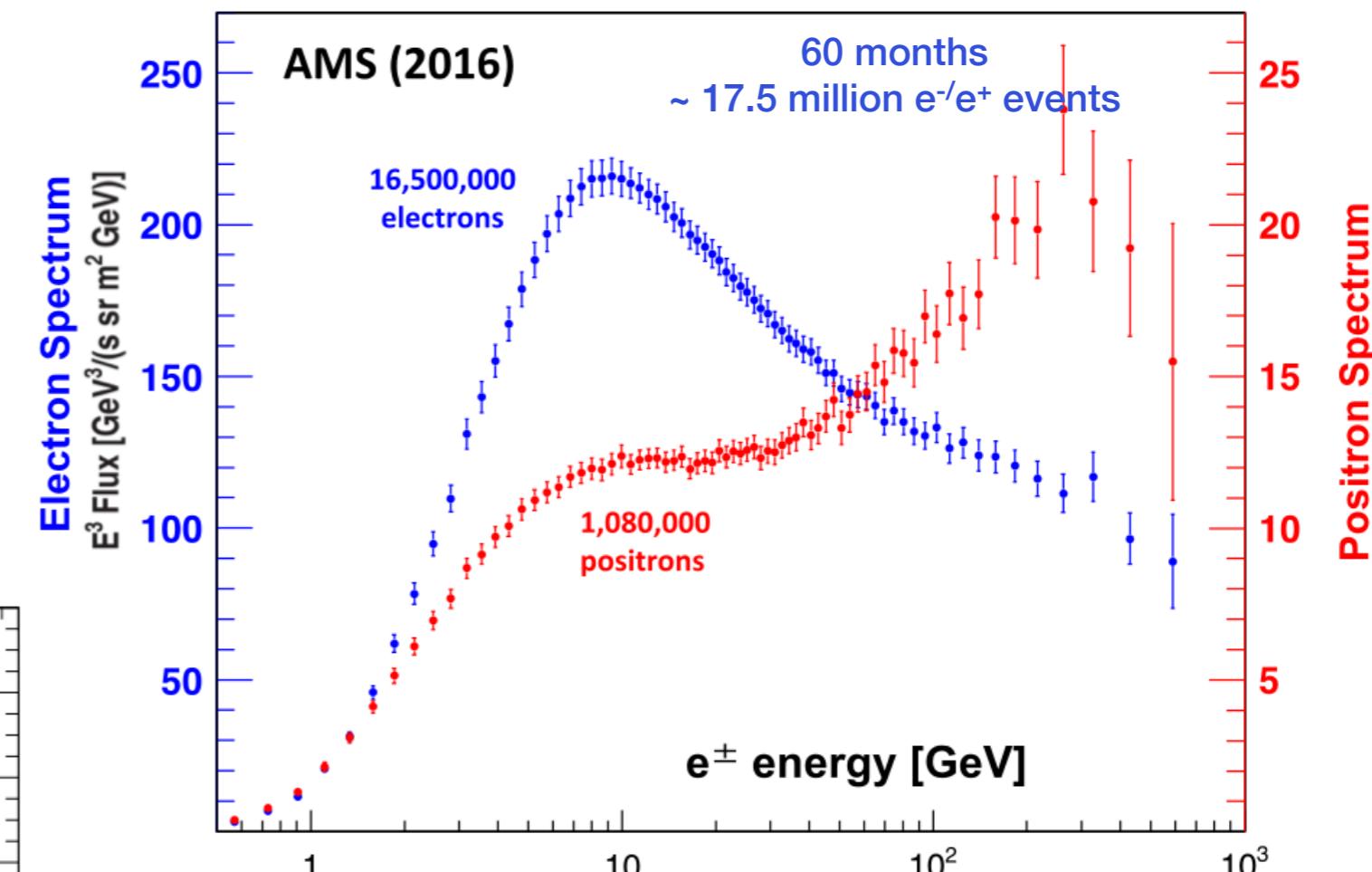
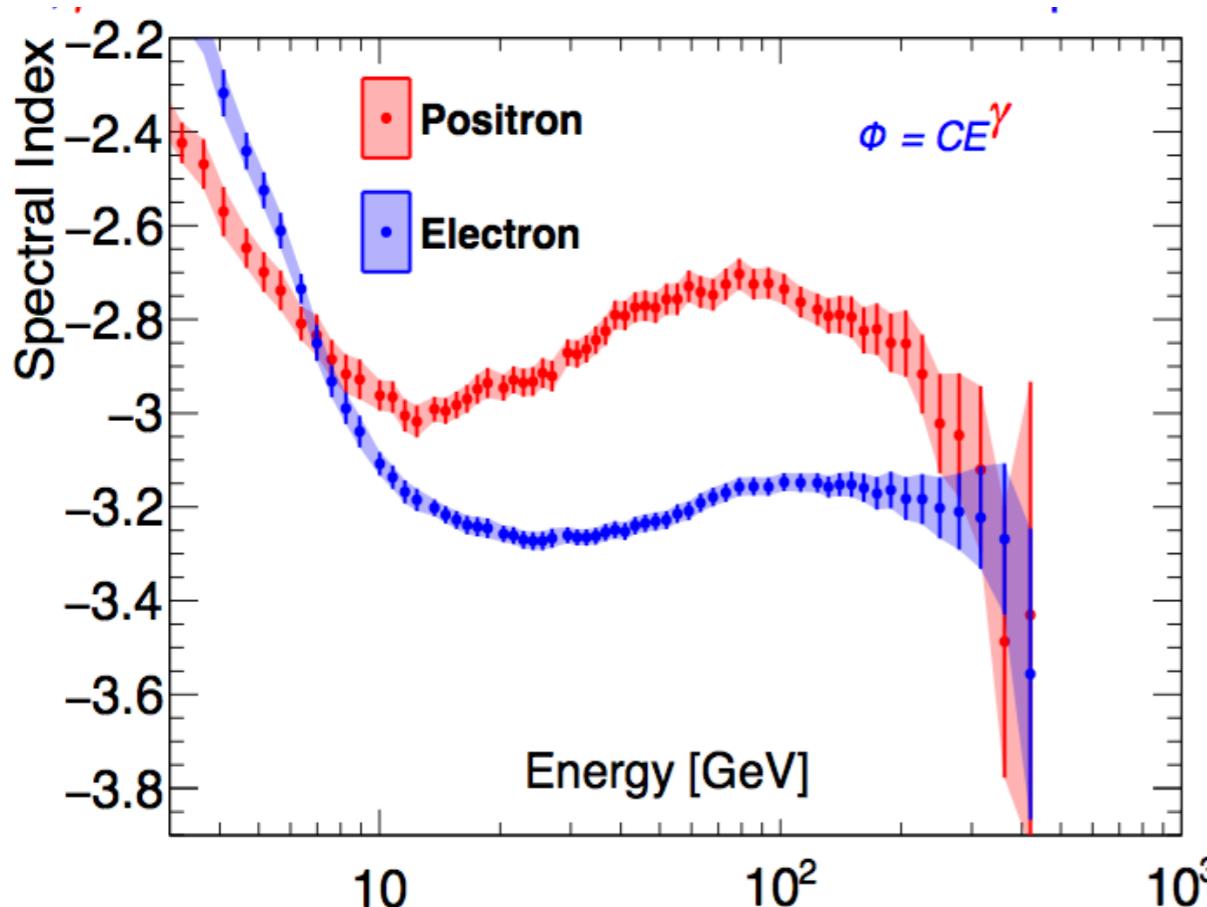
La “risalita” nella positron-fraction è dovuta a un **eccesso di positroni**, e non ad una mancanza di elettroni.



Flussi: e^+ , e^-



Analisi in fase di aggiornamento (con statistica raddoppiata rispetto ai risultati pubblicati) ed estensione a più alte energie (~ 700 GeV).



Elettroni e positroni hanno flussi significativamente diversi, sia in valore assoluto che in forma spettrale.

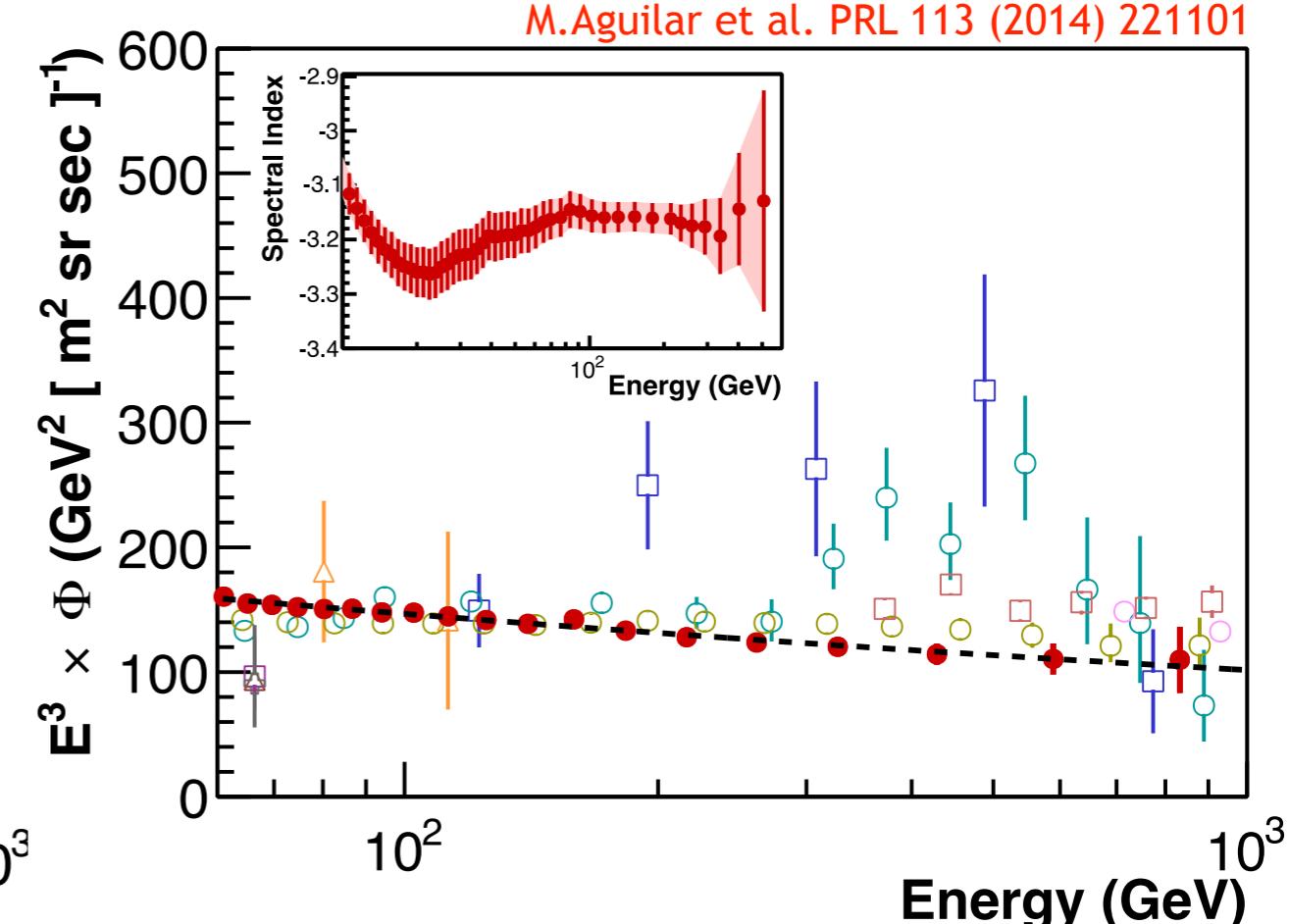
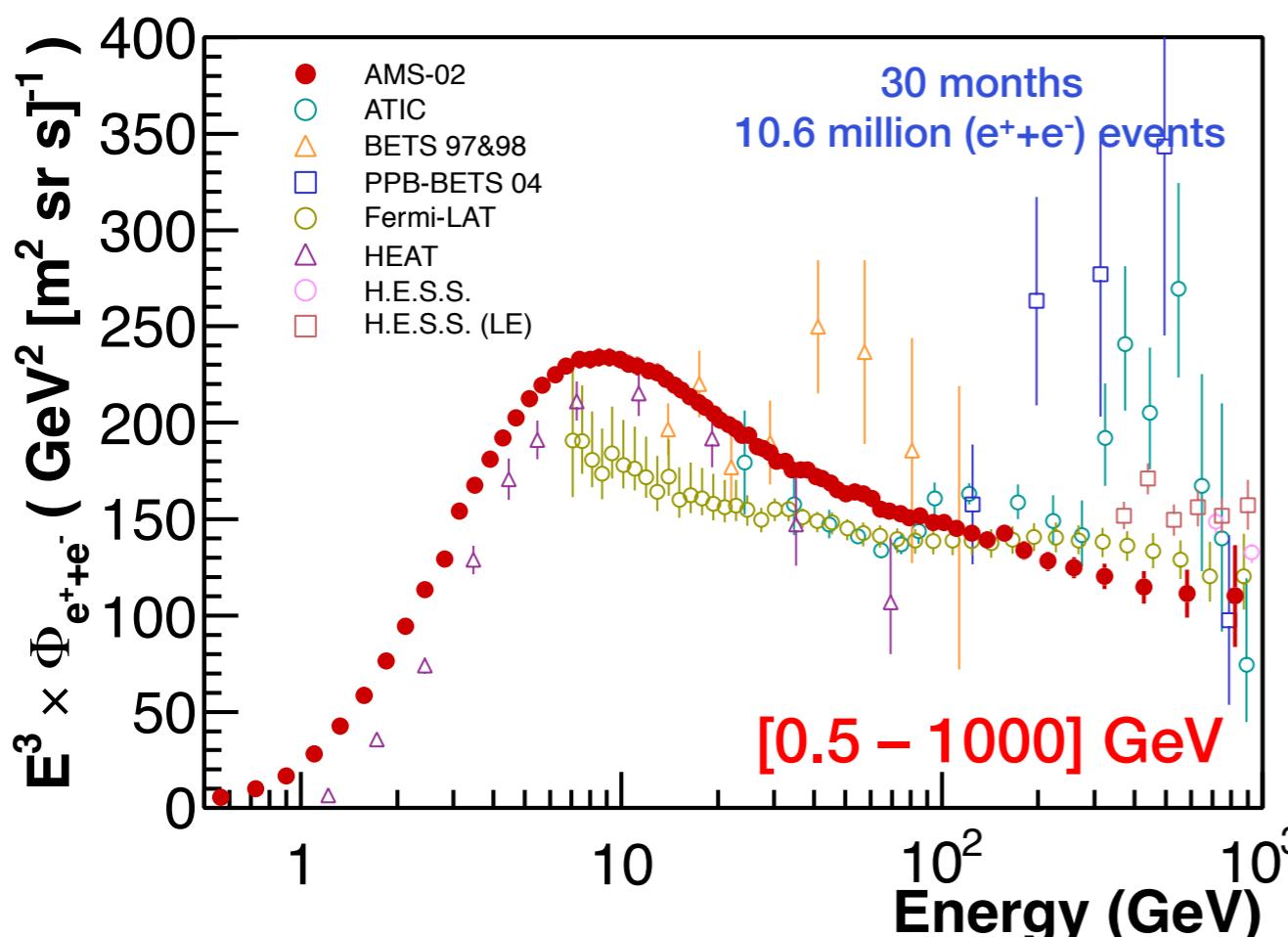
La “risalita” nella positron-fraction è dovuta a un **eccesso di positroni**, e non ad una mancanza di elettroni.



Flussi: $e^+ + e^-$



Rinunciando alla misura del segno della carica si può ottenere una misura del flusso totale di leptoni con minore incertezza sistematica, raggiungendo energie più alte e direttamente confrontabile con altre misure calorimetriche.



Flusso ben descritto da una singola legge di potenza ($E > 30$ GeV) fino ad 1 TeV.

Nessun segno di struttura

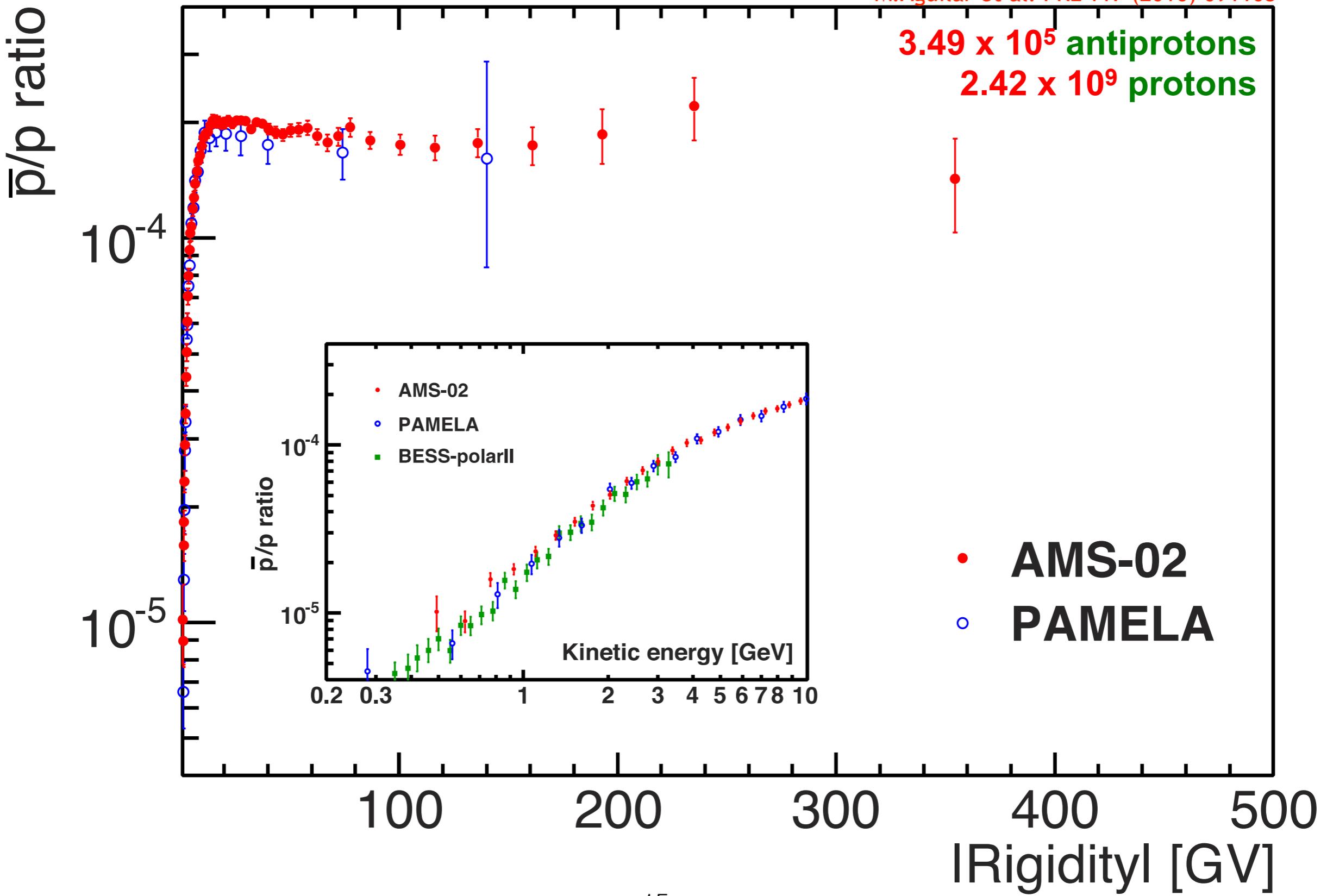


Antiprotoni



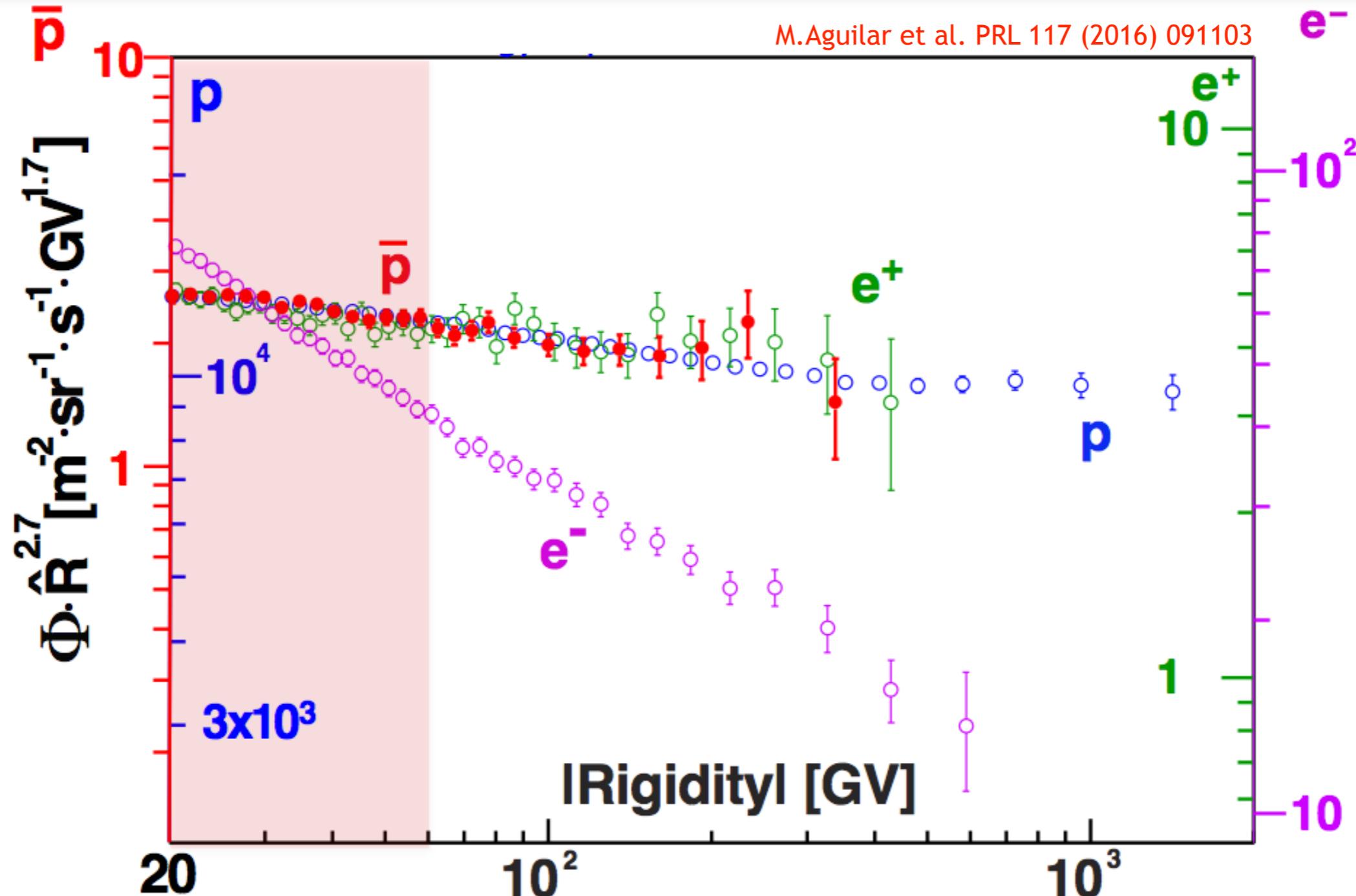
M.Aguilar et al. PRL 117 (2016) 091103

3.49×10^5 antiprotons
 2.42×10^9 protons





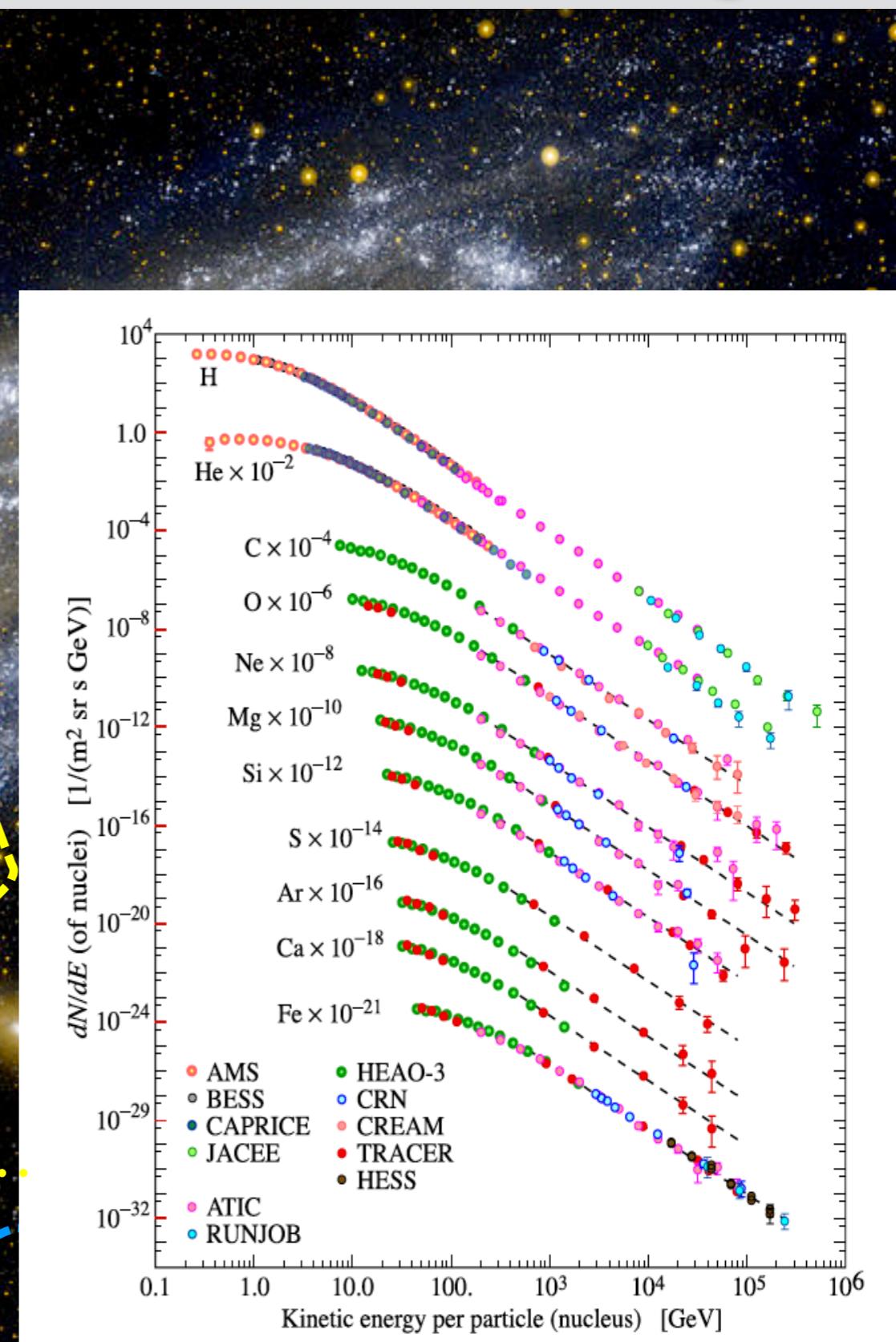
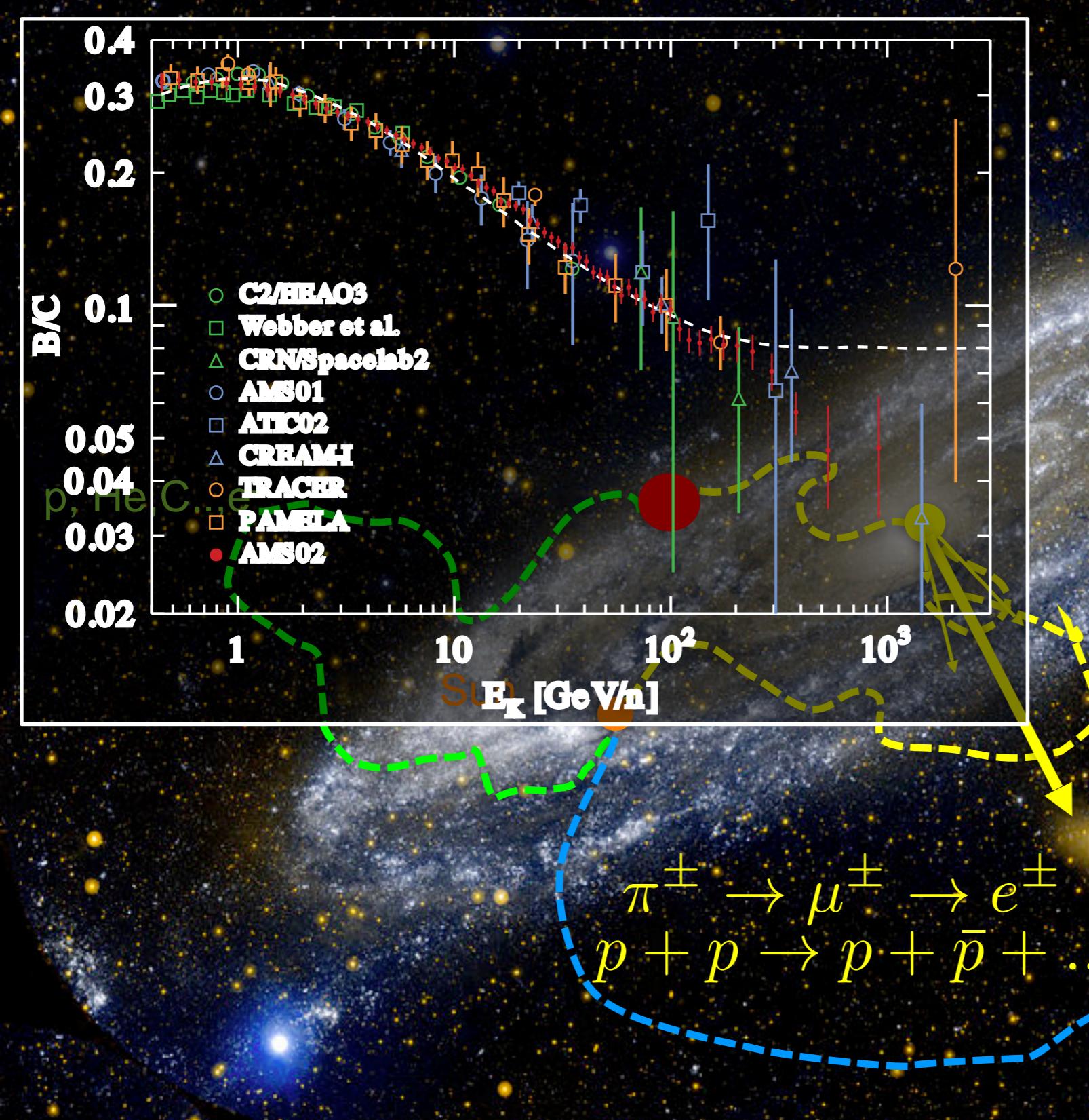
Antiprotoni



I dati sembrano indicare che antiprotoni, positroni e protoni abbiano una forma spettrale simile tra loro, caratterizzata da un flusso più “hard” rispetto agli elettroni. Al momento nessun indizio se questa sia una coincidenza o se sia la manifestazione di un particolare fenomeno.

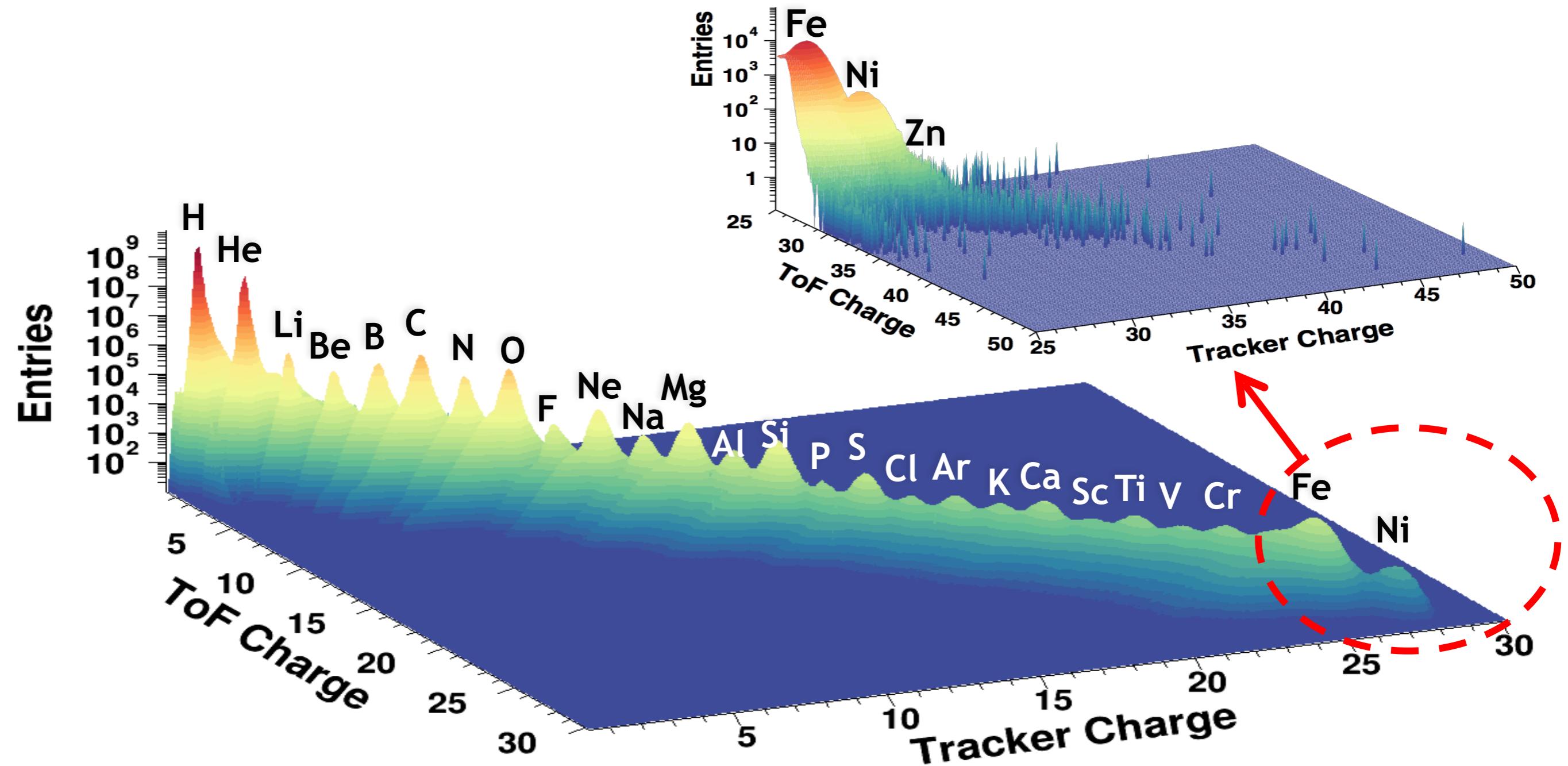


Nuclei leggeri



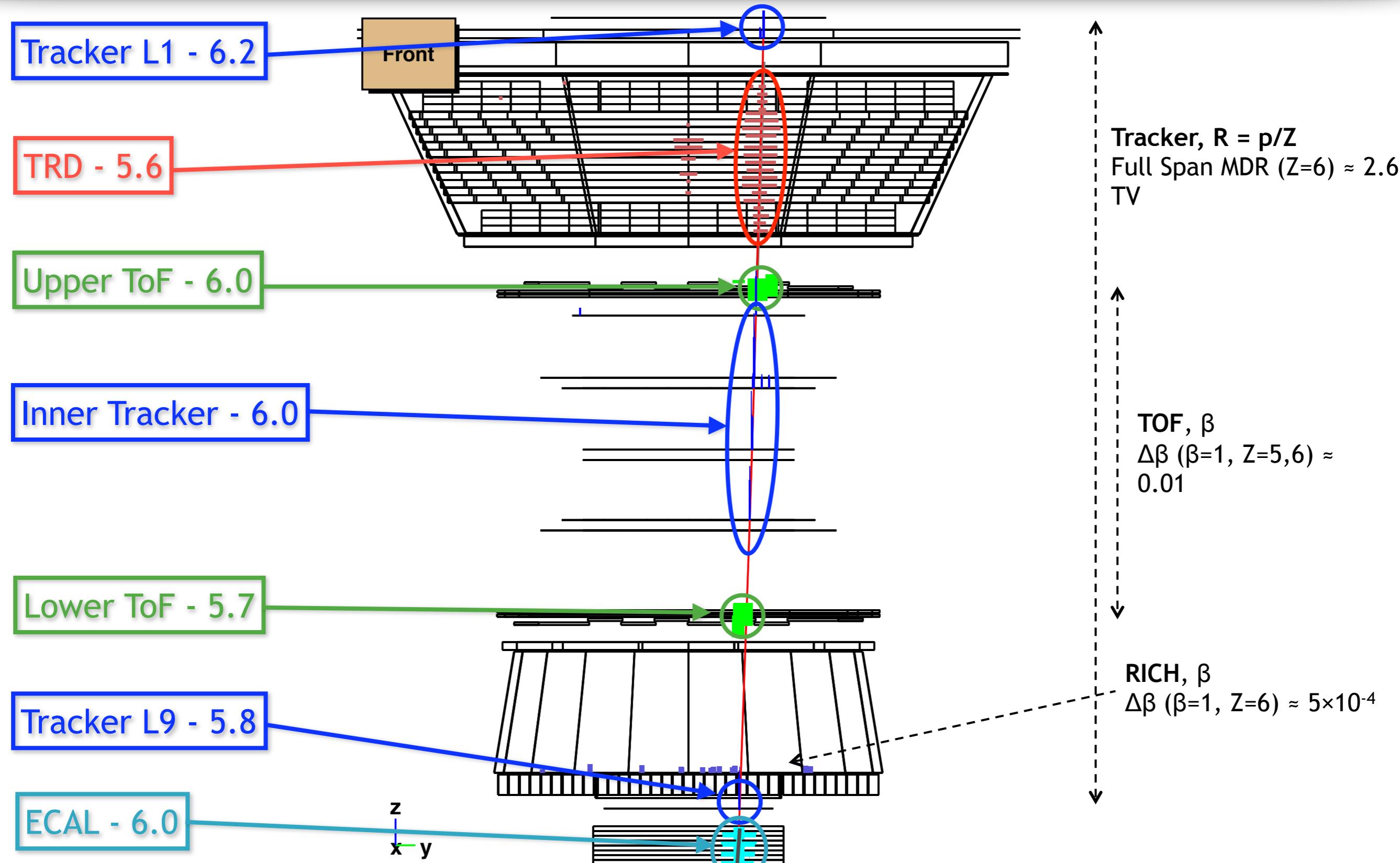


Misura di carica in AMS





Misura di carica in AMS

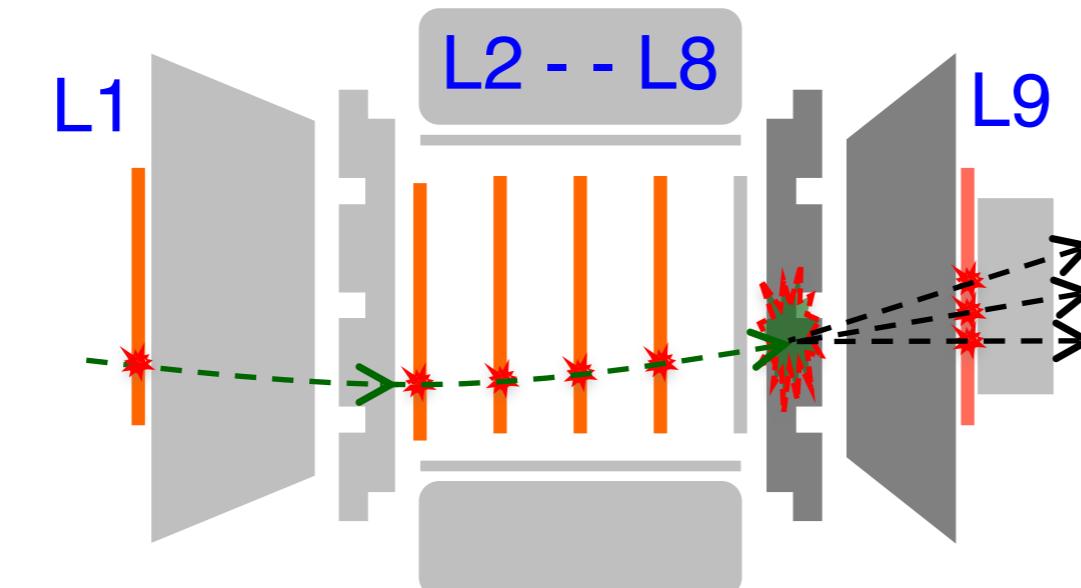
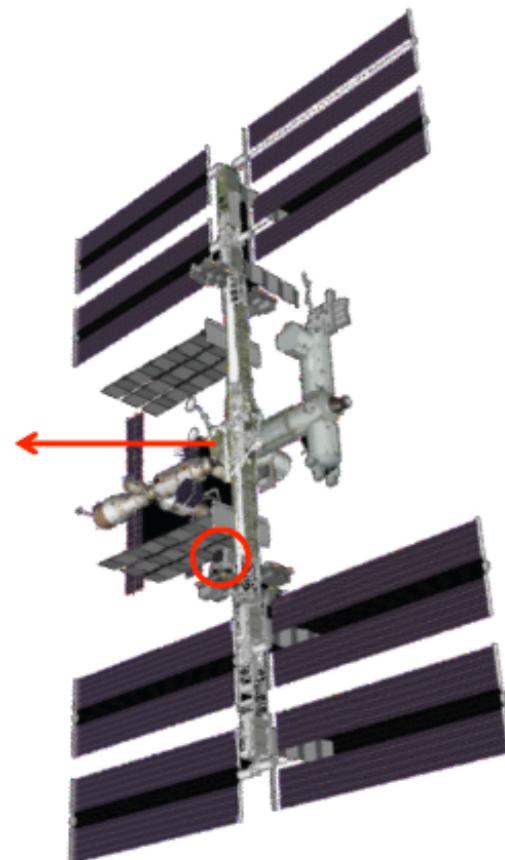




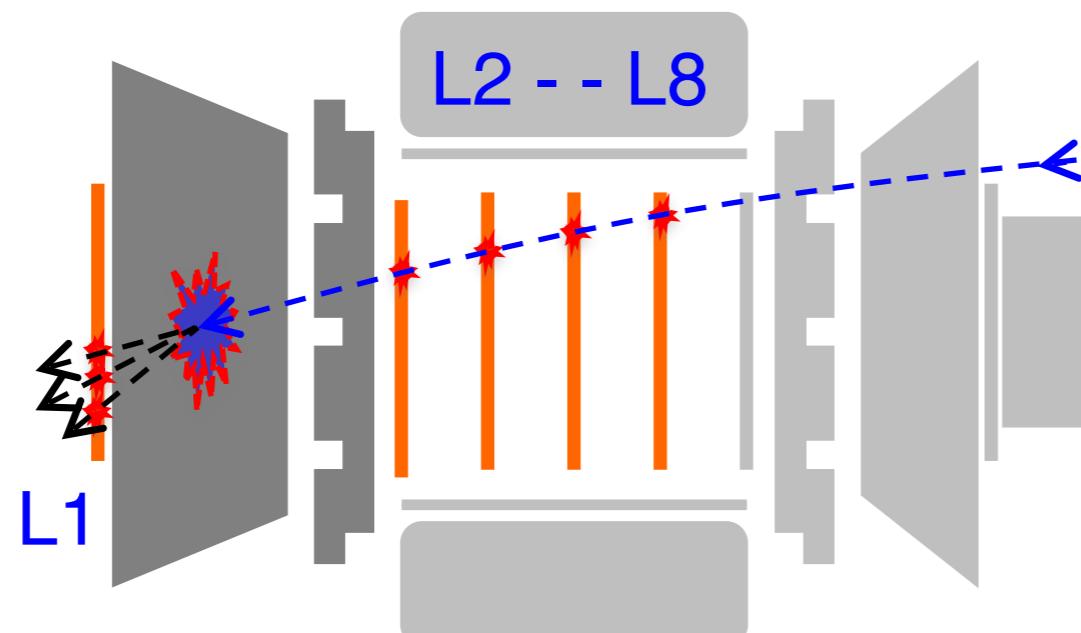
Interazioni nel detector



Misura di sezioni d'urto adroniche / cross-check dei materiali in simulazione
possibile quando la ISS vola “orizzontalmente”



Utilizzando l'Inner tracker, L2-L8, si seleziona la specie voluta: He, Li, Be, B, ...



Gli eventi che entrano in AMS “da sinistra” consentono di studiare le interazioni nella parte inferiore del rivelatore.

Gli eventi che entrano in AMS “da destra” consentono di studiare le interazioni nella parte superiore del rivelatore.

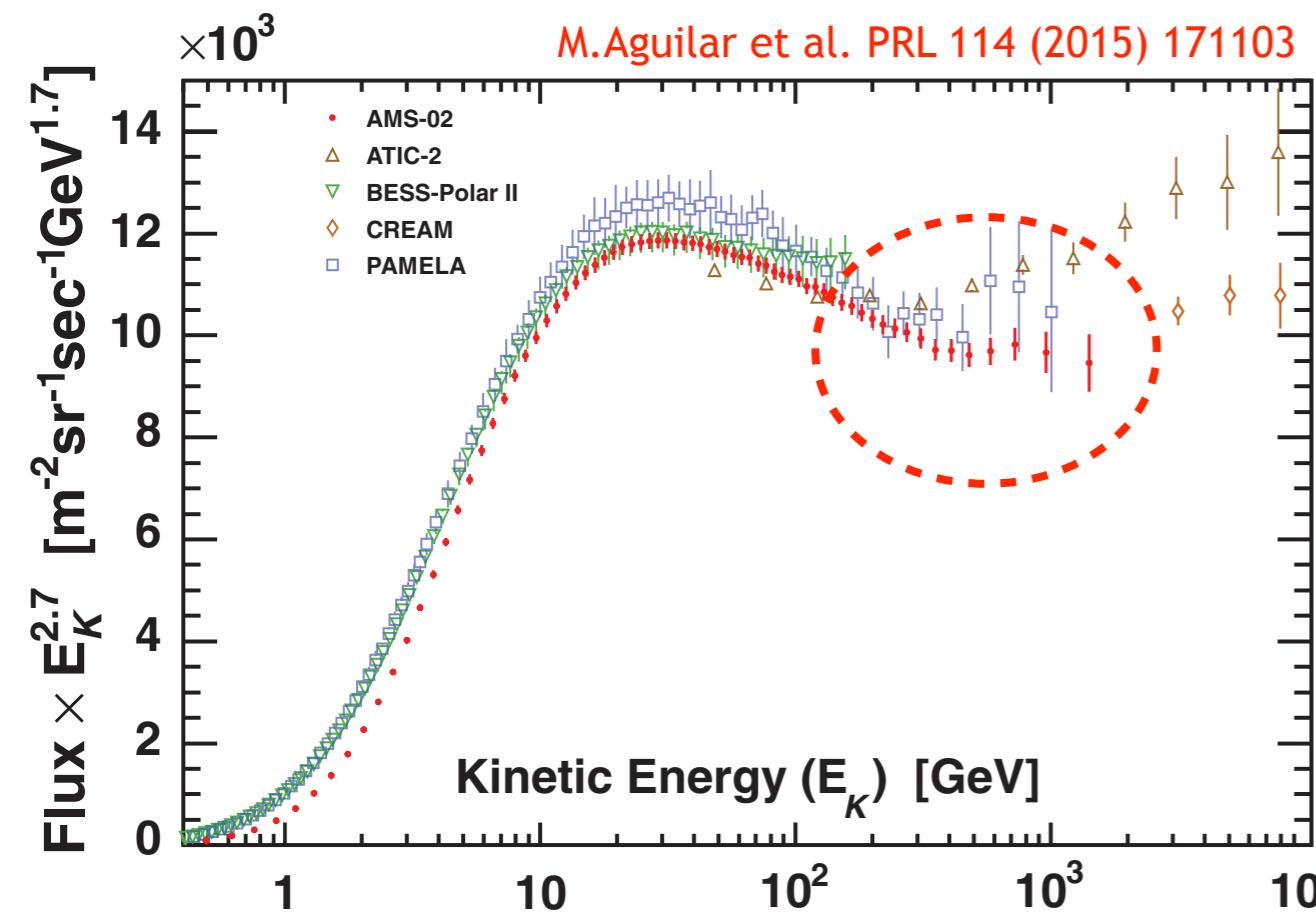


Protoni ed elio

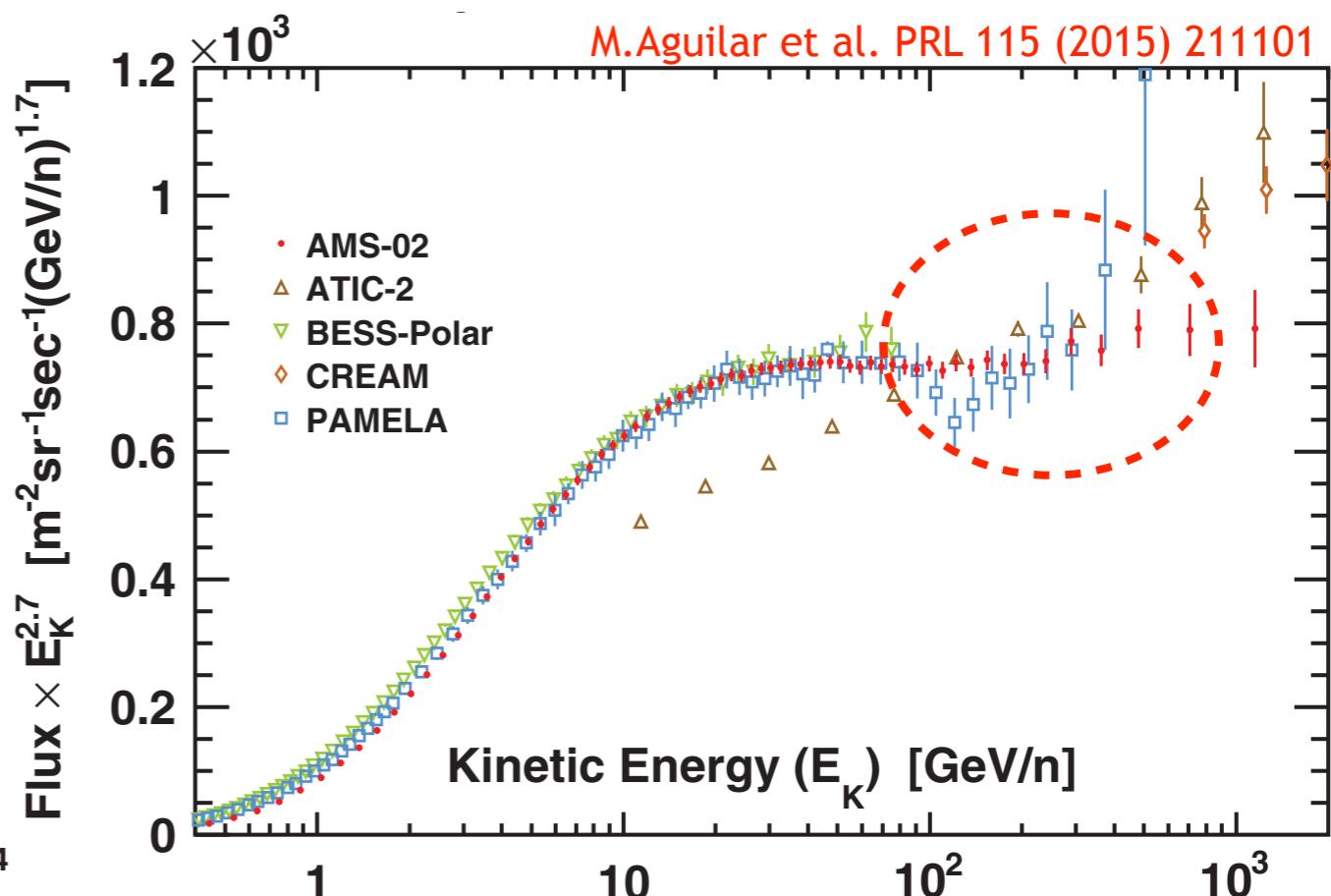


Sia il flusso di protoni che di elio mostrano un cambio di indice spettrale

Flusso di protoni
300 milioni di eventi



Flusso di elio
50 milioni di eventi



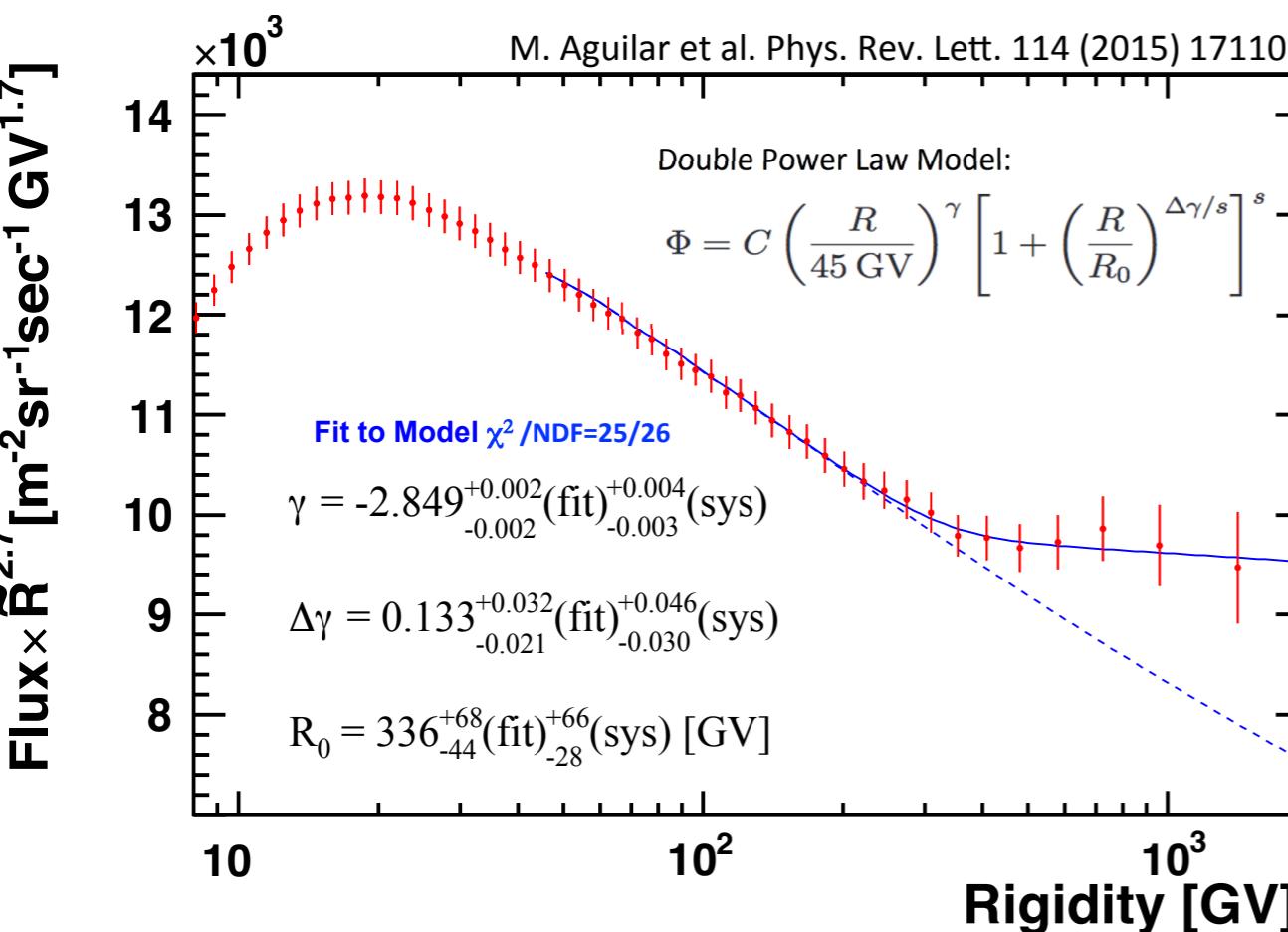


Protoni ed elio

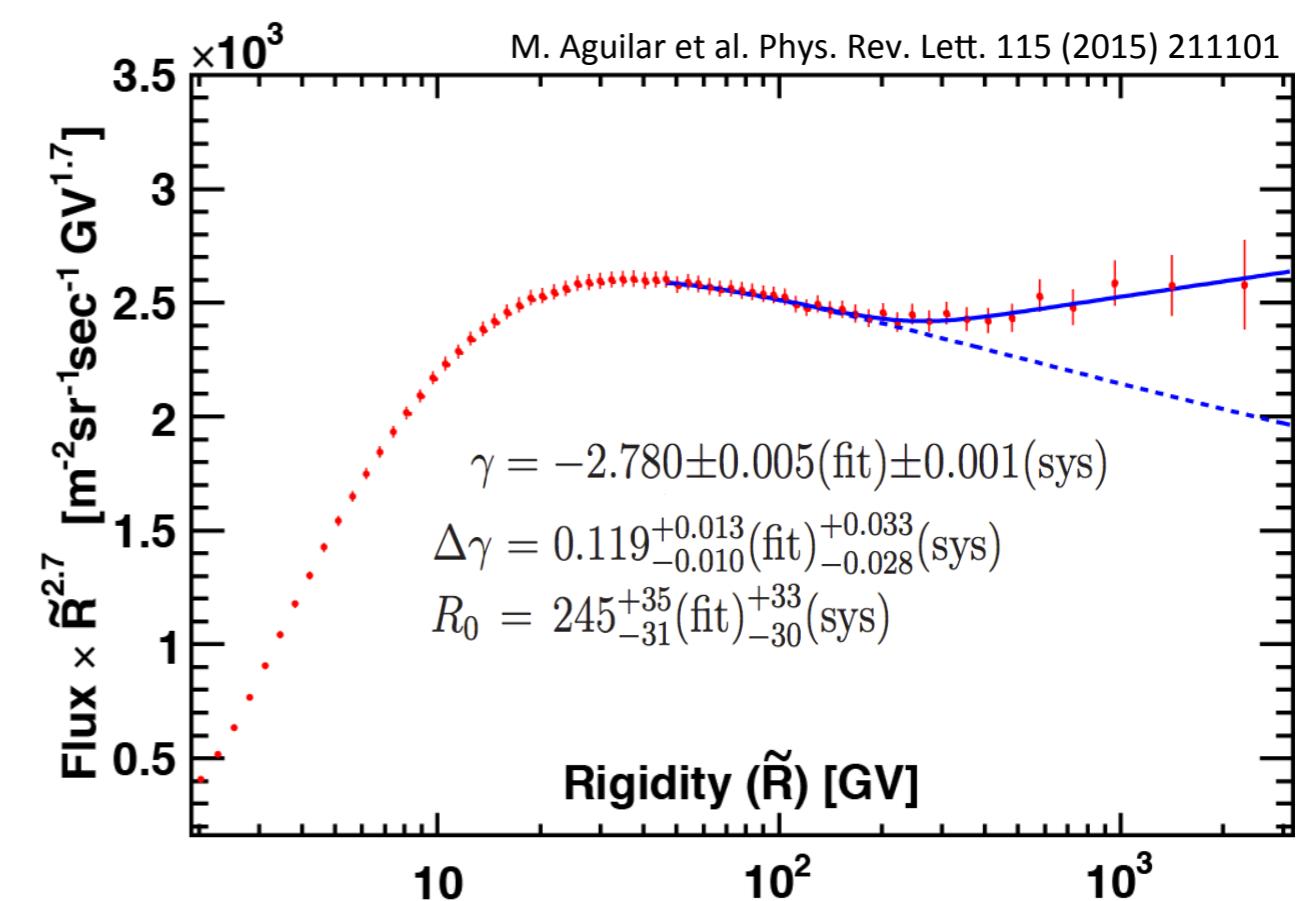


Sia il flusso di protoni che di elio mostrano un cambio di indice spettrale

Flusso di protoni
300 milioni di eventi



Flusso di elio
50 milioni di eventi





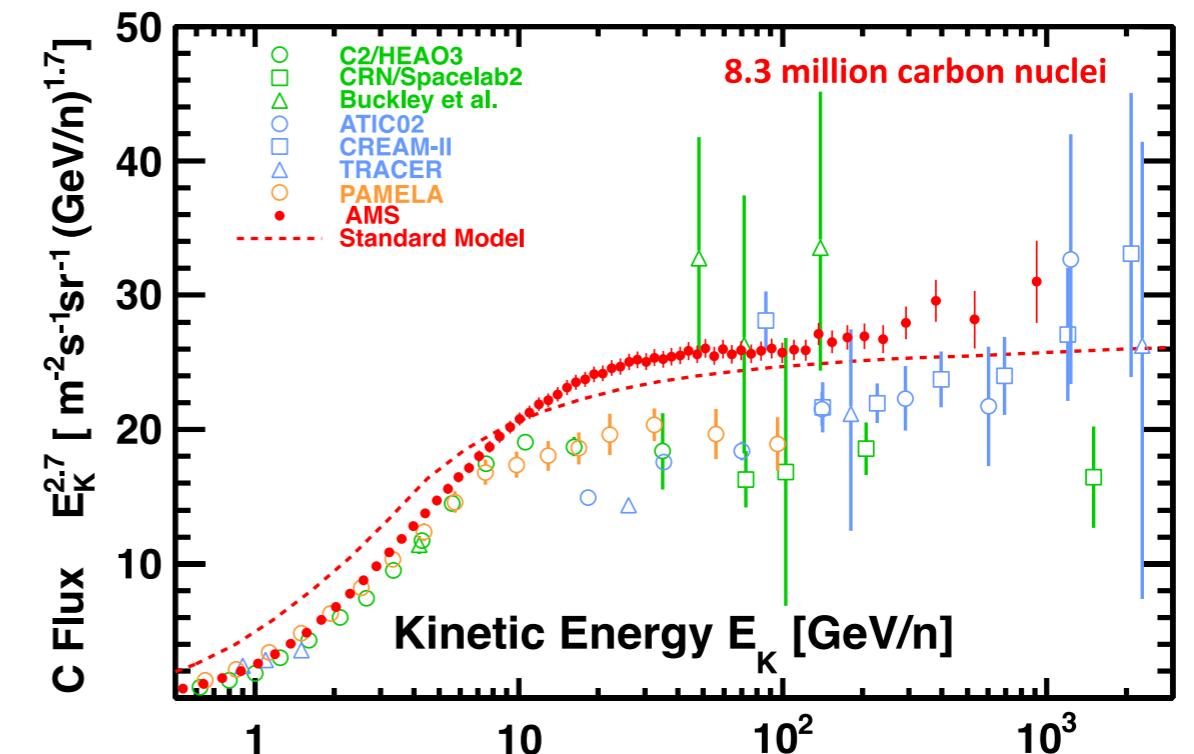
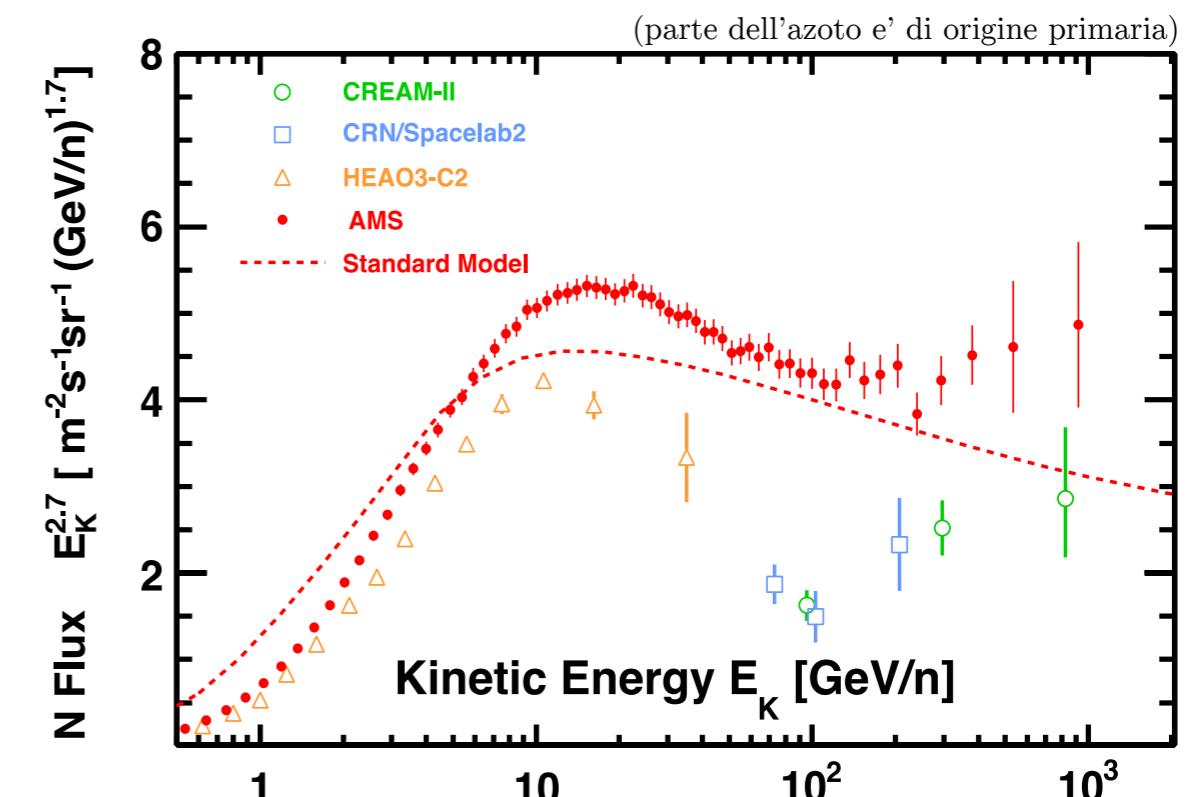
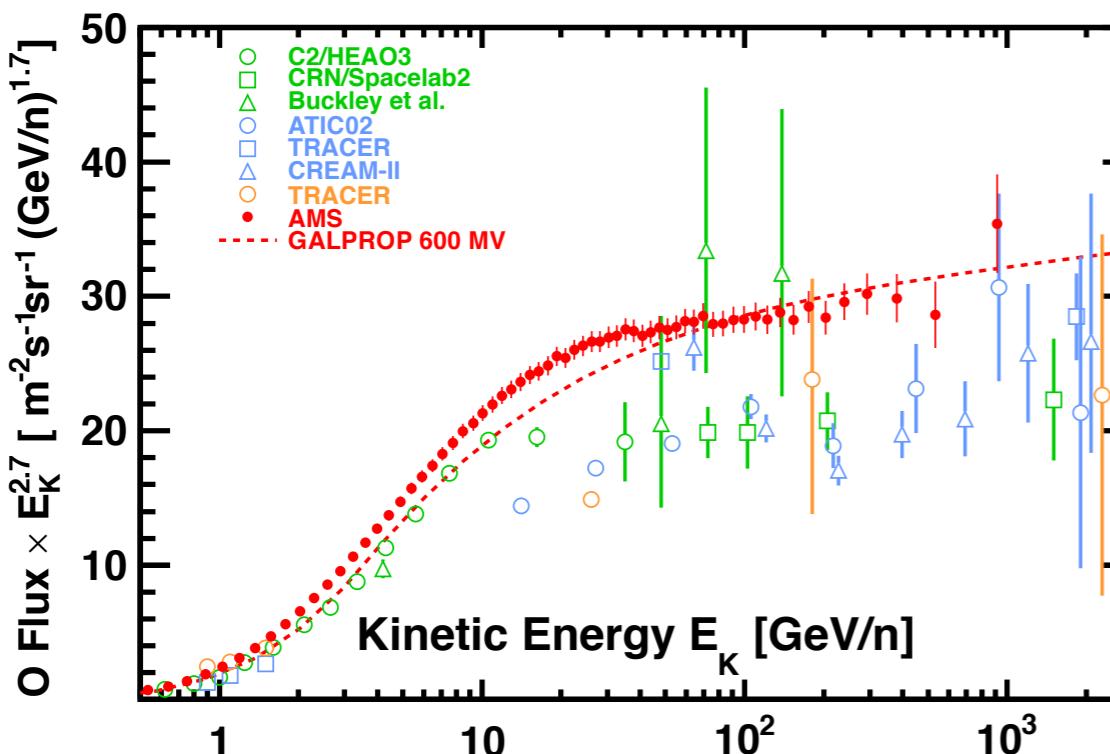
Flussi: nuclei leggeri

Primari:

Flussi di Carbonio, Azoto, Ossigeno misurati in un ampio range di energia e con elevata precisione.

Analisi in corso, basata su ~ 6 anni di dati (2011-2017):

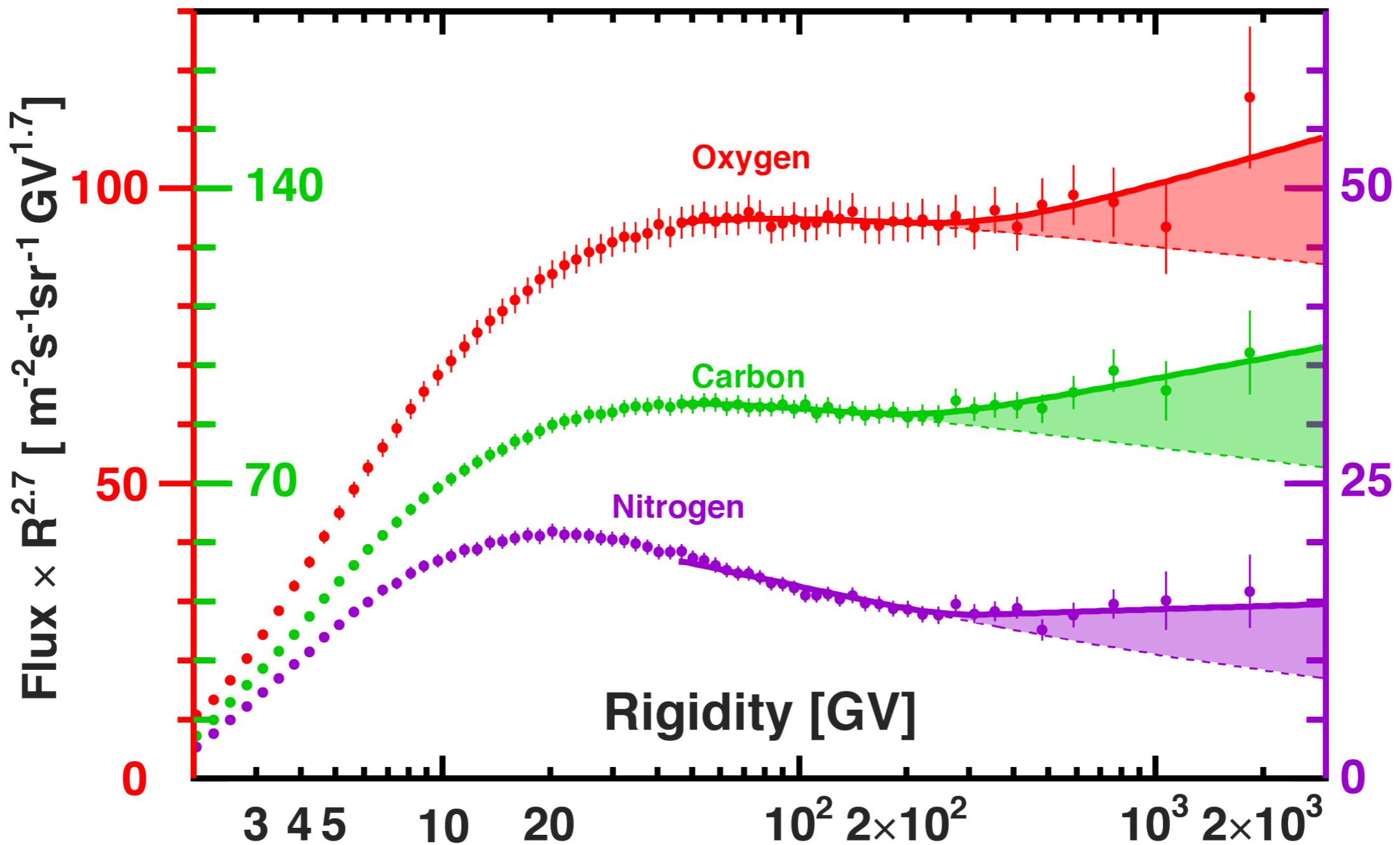
- Modello di riferimento: GALPROP (parametri da: *Trotta et al, 2011*)





Flussi: nuclei leggeri

Anche nel caso dei flussi di Carbonio, Azoto e Ossigeno la singola legge di potenza è esclusa da i dati di AMS-02: si osserva un cambio di indice spettrale alla stessa rigidità.

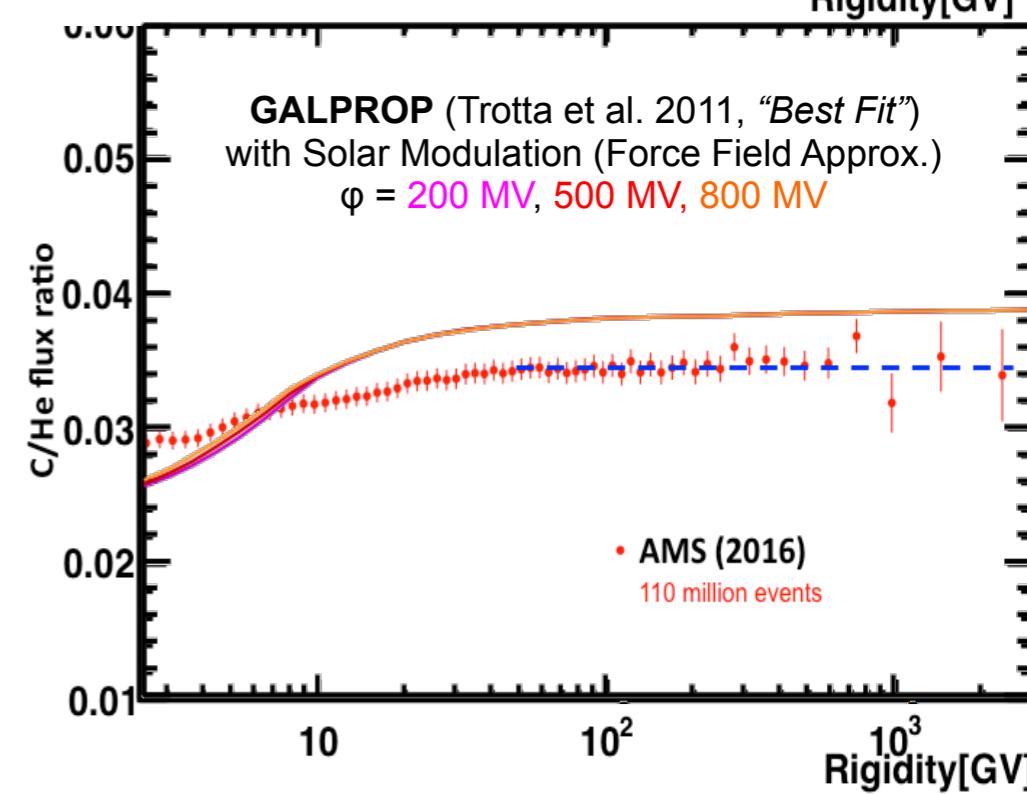
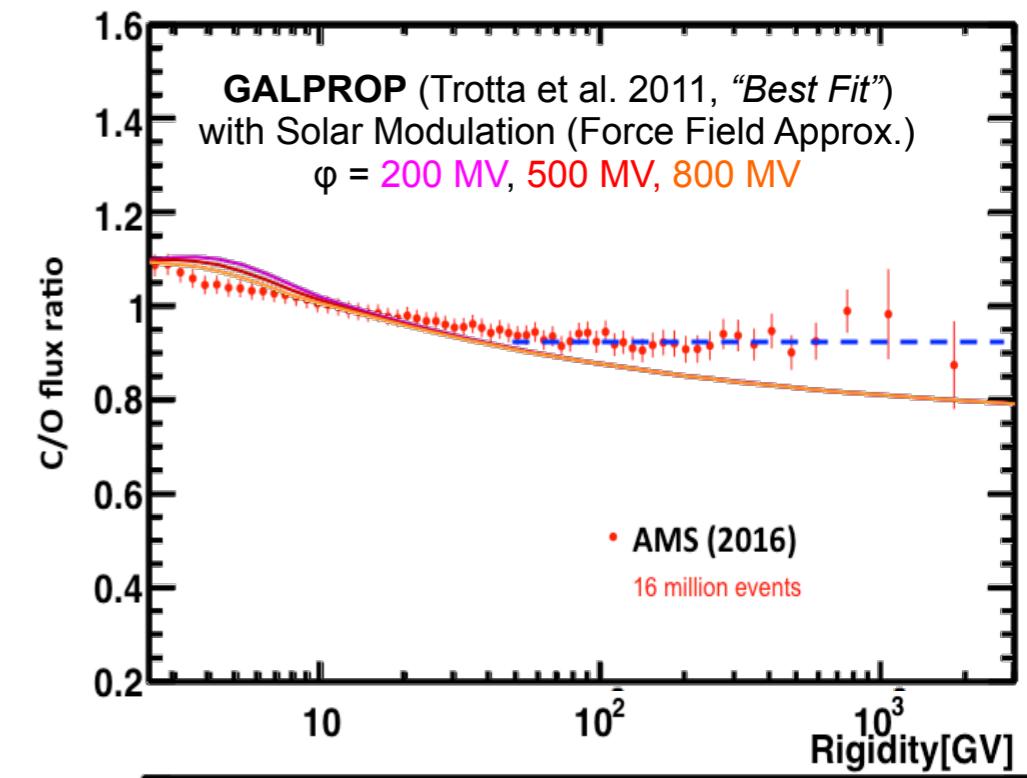
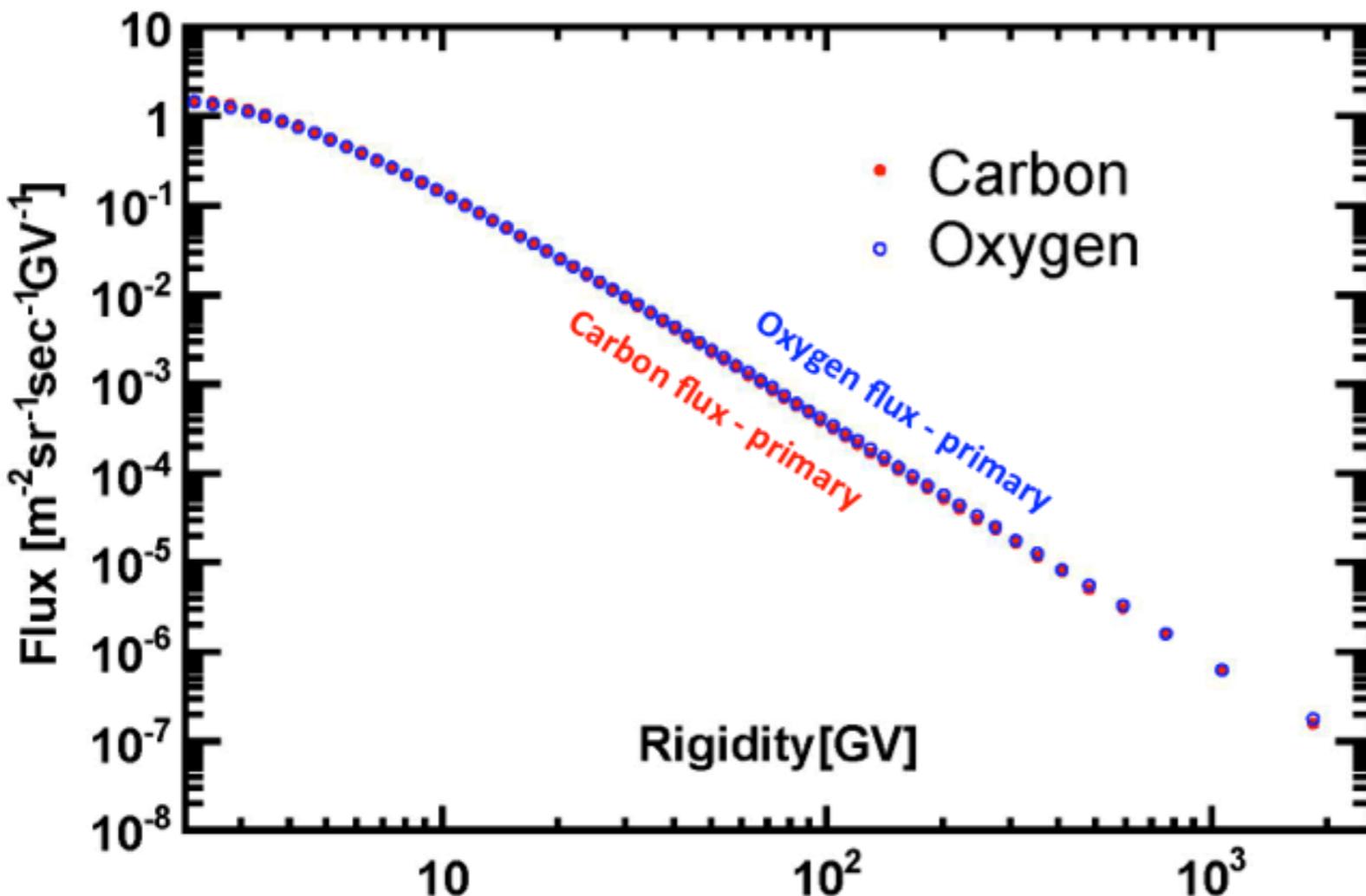




Flussi: nuclei leggeri



I rapporti C/O e C/He costanti ad alta energia





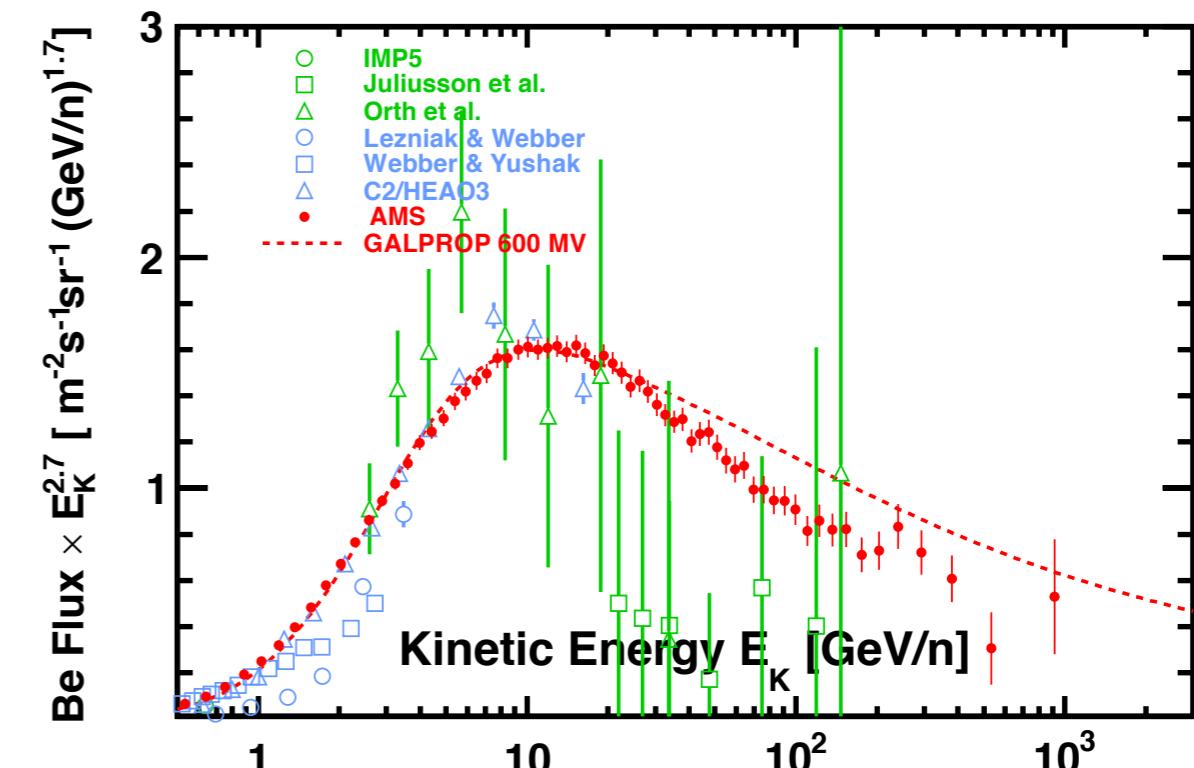
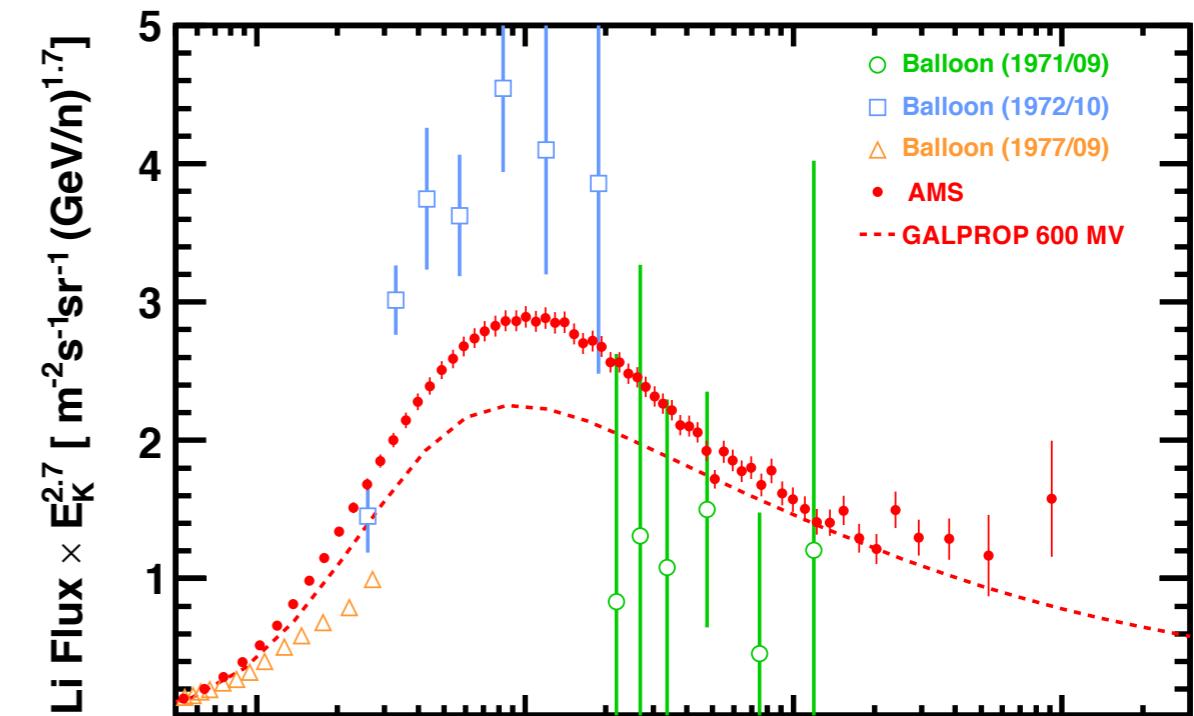
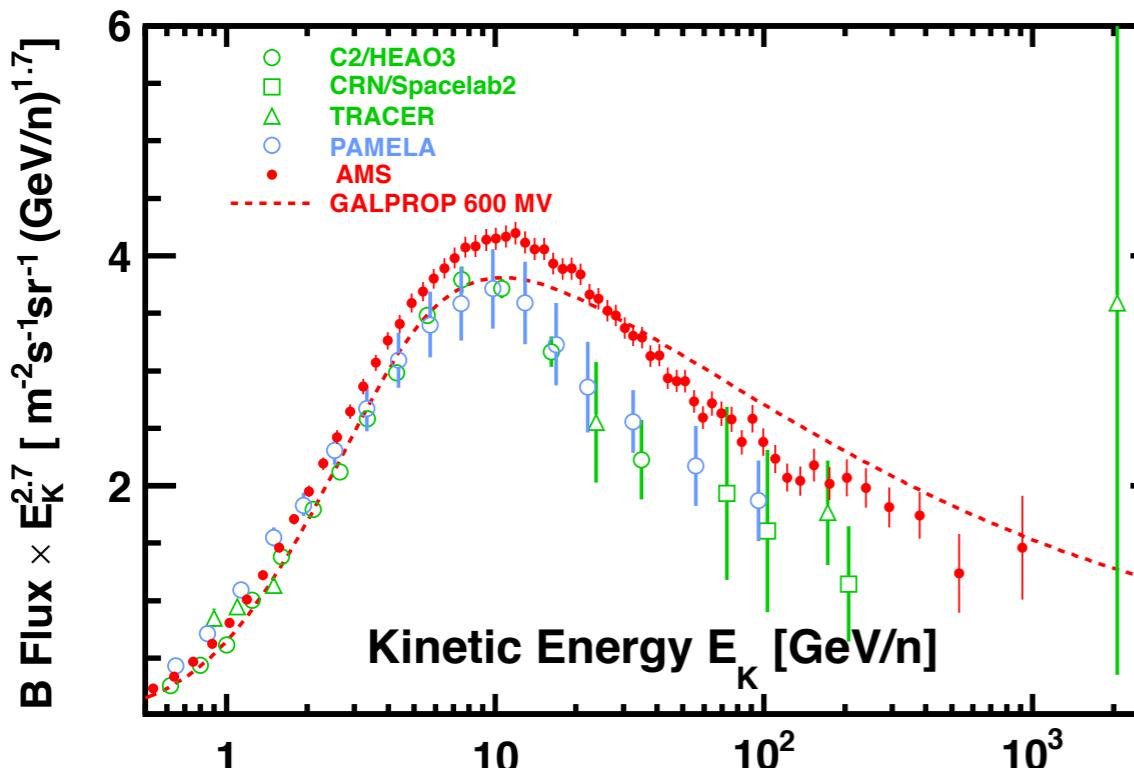
Flussi: nuclei leggeri

Secondari:

Flussi di Litio, Berillio, Boro misurati in un ampio range di energia e con elevata precisione.

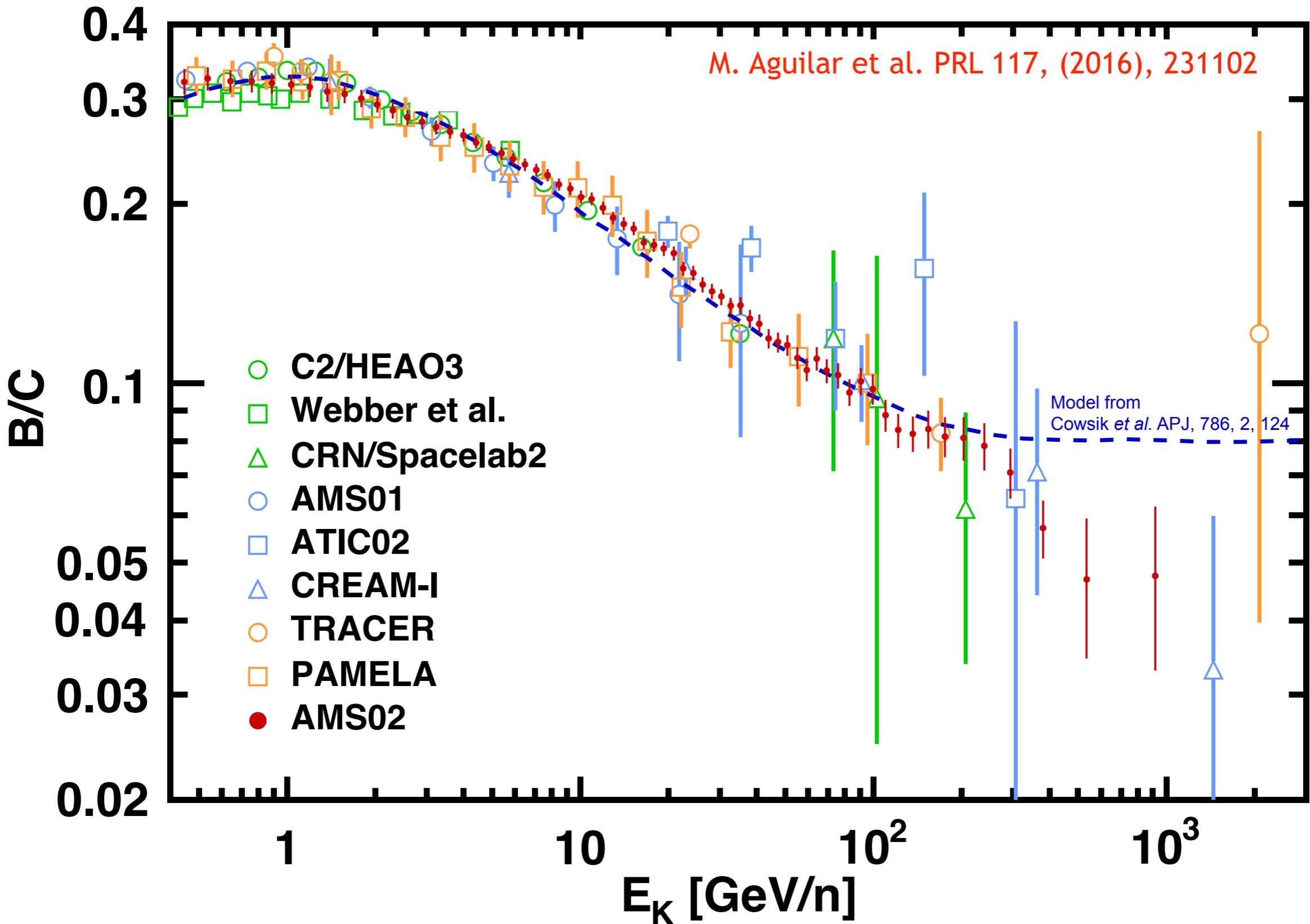
Analisi in corso, basata su ~ 6 anni di dati (2011-2017):

- Modello di riferimento: GALPROP (parametri da: *Trotta et al, 2011*)





B/C

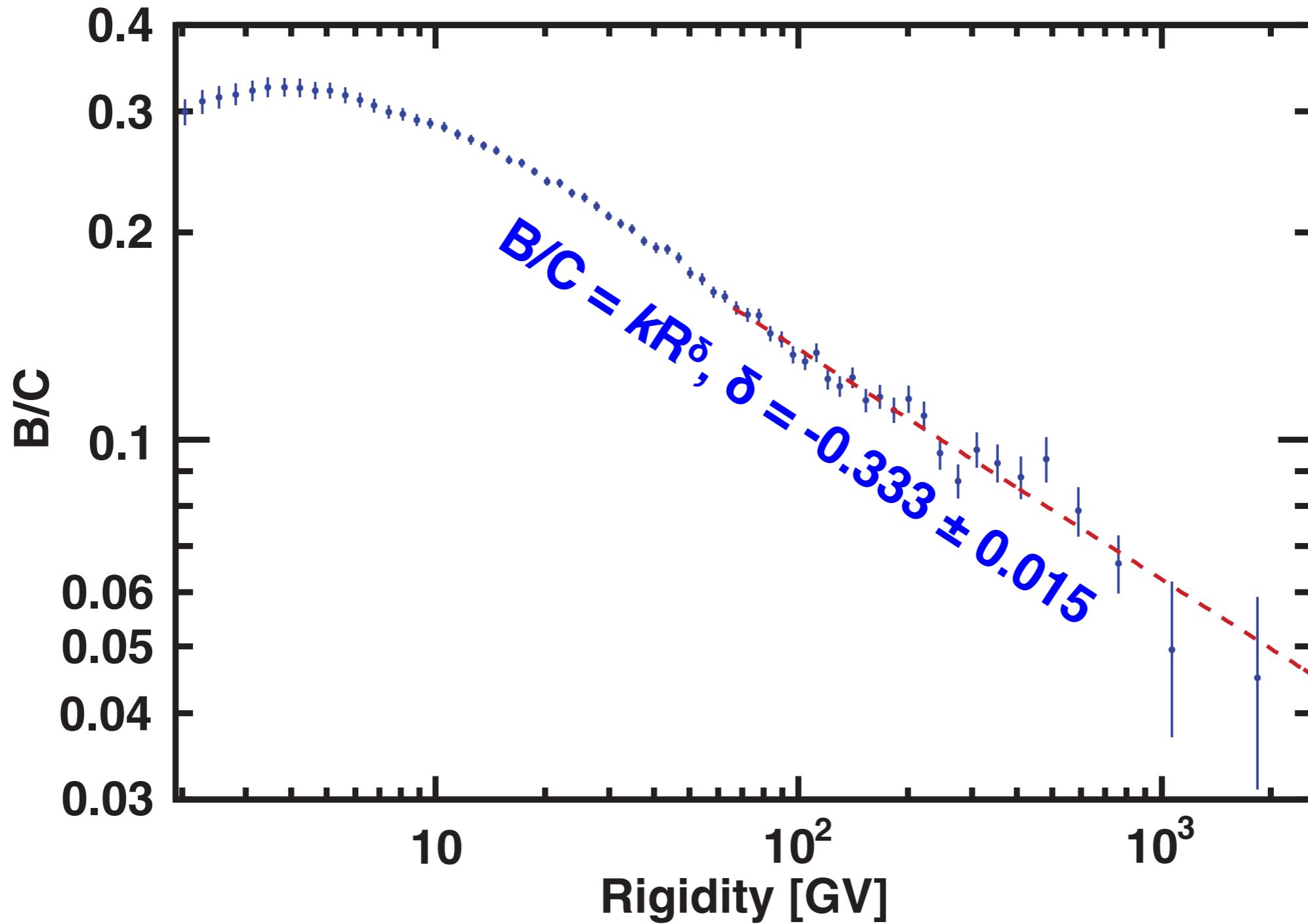




B/C



Rapporti tra flussi di secondari (B) e primari (C) fornisce informazioni sulla propagazione dei r.c.
e sul mezzo interstellare: diffusione à la Kolmogorov preferita dai dati

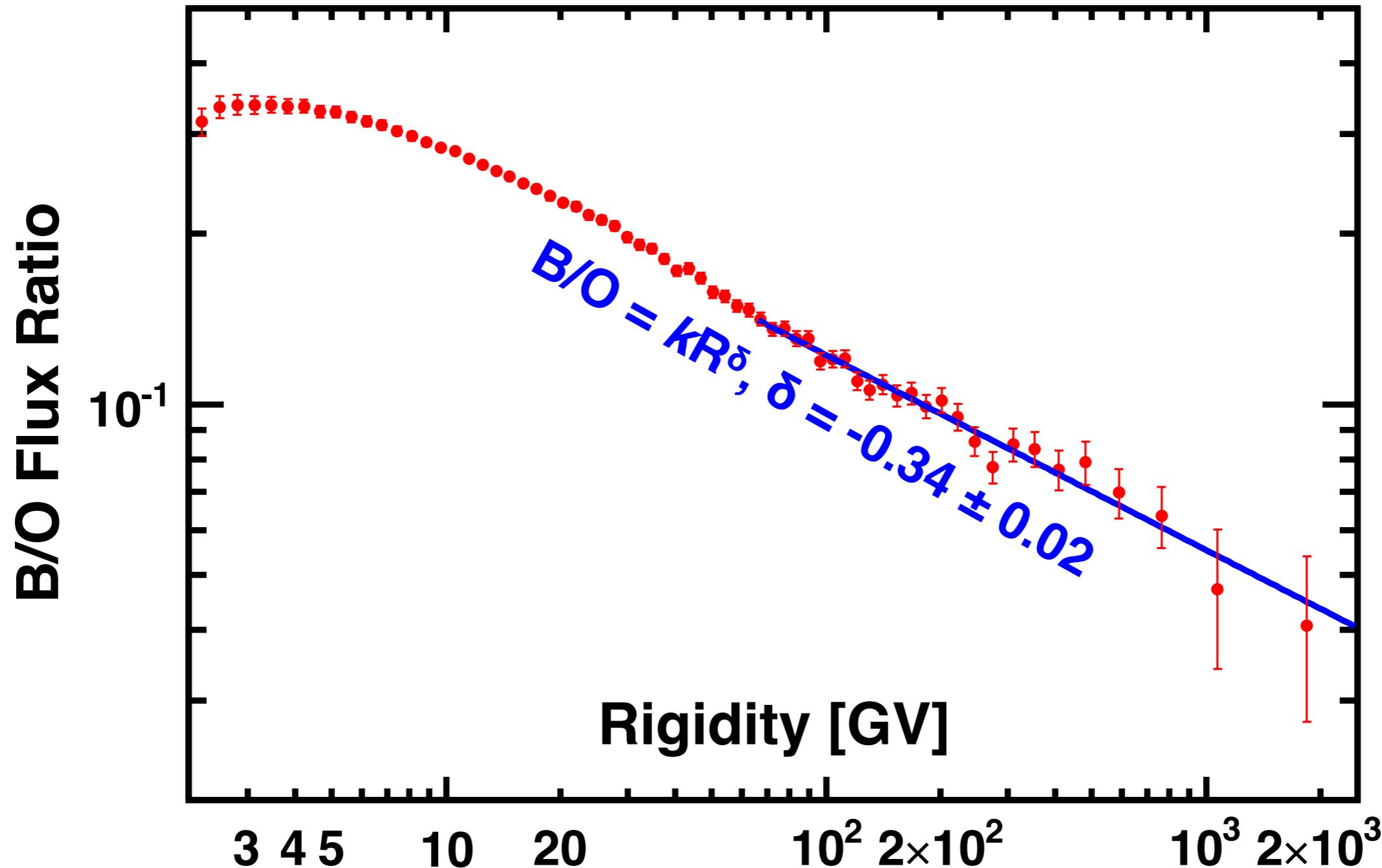




B/O



Rapporti tra flussi di secondari (B) e primari (O) fornisce informazioni sulla propagazione dei r.c. e sul mezzo interstellare: diffusione à la Kolmogorov preferita dai dati.





Conclusioni

- AMS continua a fornire misure di precisione di r.c. (positron fraction, flussi di elettroni, positroni, protoni, anti-protoni, elio and nuclei leggeri) con precisione di pochi percento.
- La misura simultanea di molteplici specie di r.c. è uno strumento essenziale per la comprensione della fisica dei raggi cosmici e per la scoperta di nuovi fenomeni.
- AMS continuerà la presa dati per l'intera durata della ISS, continuando la ricerca della dark matter, antimateria primordiale e una descrizione più dettagliata dei flussi di raggi cosmici.
- La ISS è diventata una piattaforma fondamentale per la ricerca in fisica di base.