

AMS-02 sulla Stazione Spaziale Internazionale: risultati dopo 11 anni di volo



Federico Donnini (INFN Sez. Perugia)
on behalf of the AMS Collaboration
IFAE-2023, Catania, 12–14 Aprile 2023

AMS-02 opera a bordo della Stazione Spaziale Internazionale (ISS) dal 19 Maggio 2011 ed ha collezionato più di 200 miliardi di raggi cosmici in 11 anni di presa dati

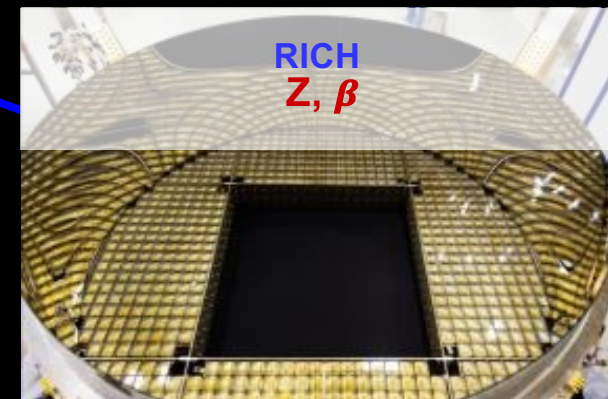
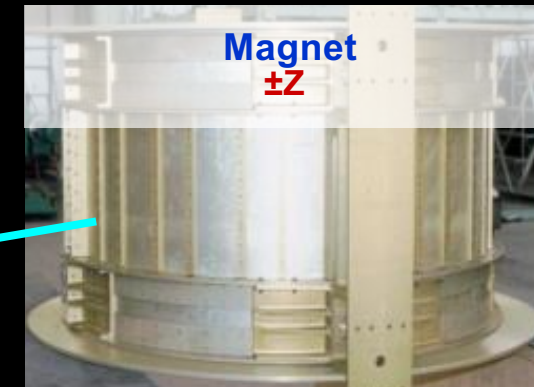
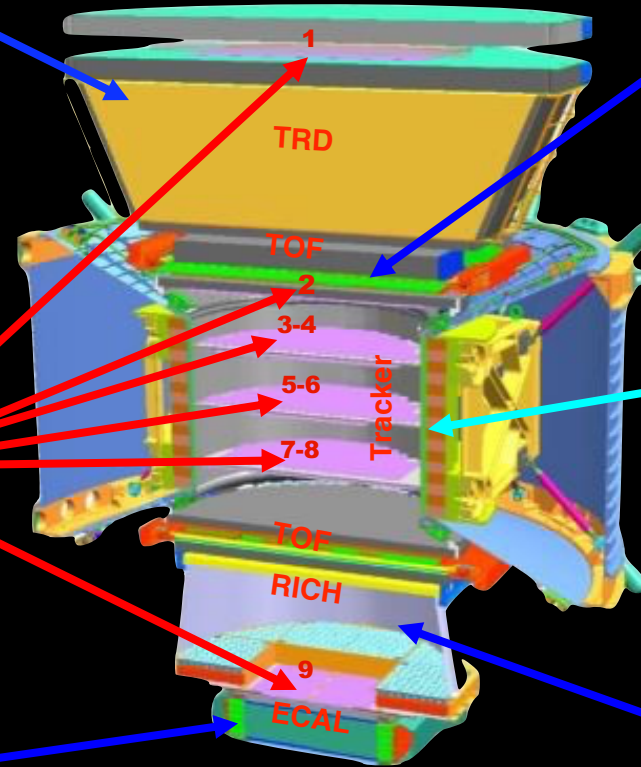


AMS prenderà dati per l'intera durata della missione ISS
(estesa almeno fino al 2030)

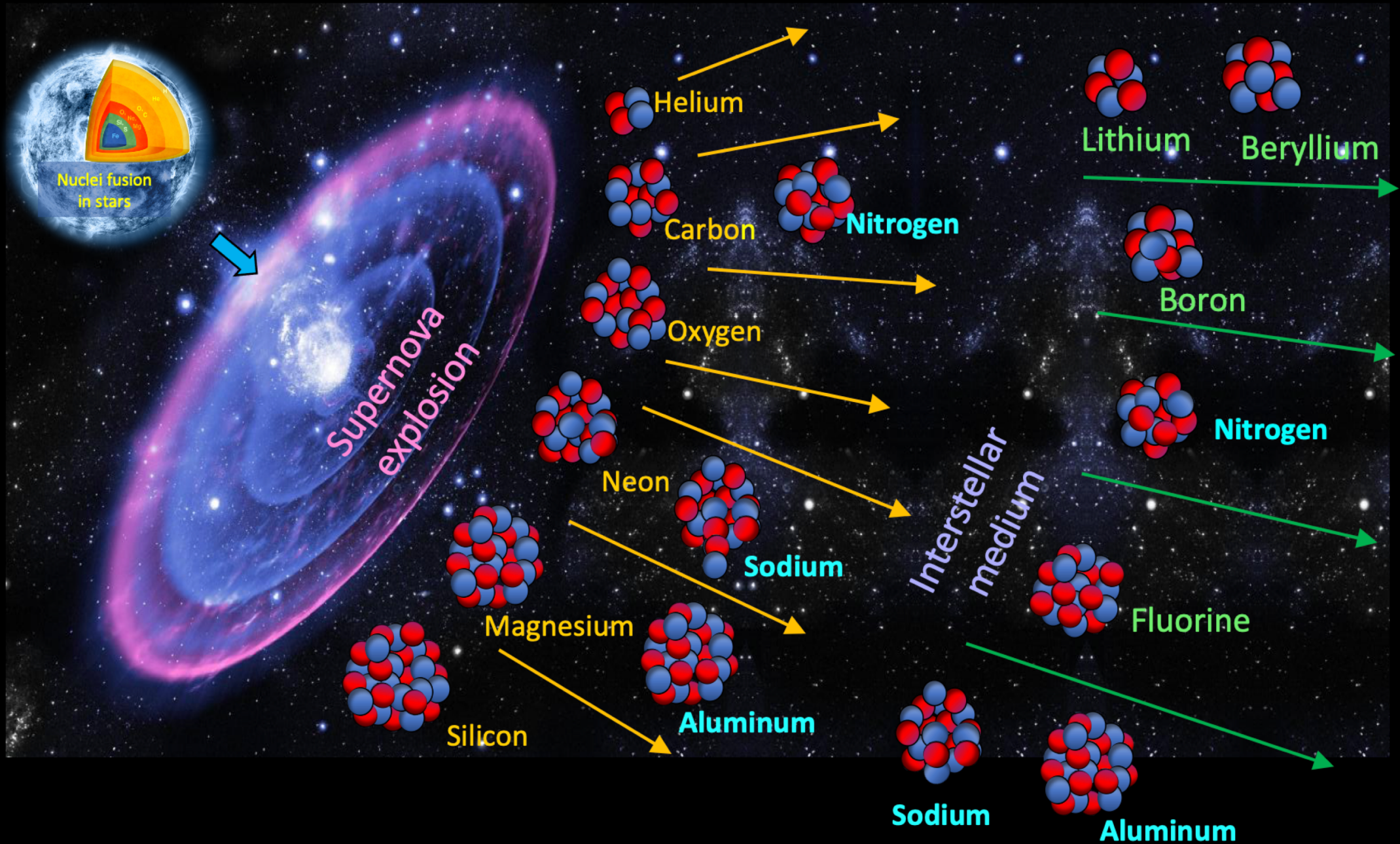
Il rivelatore AMS-02



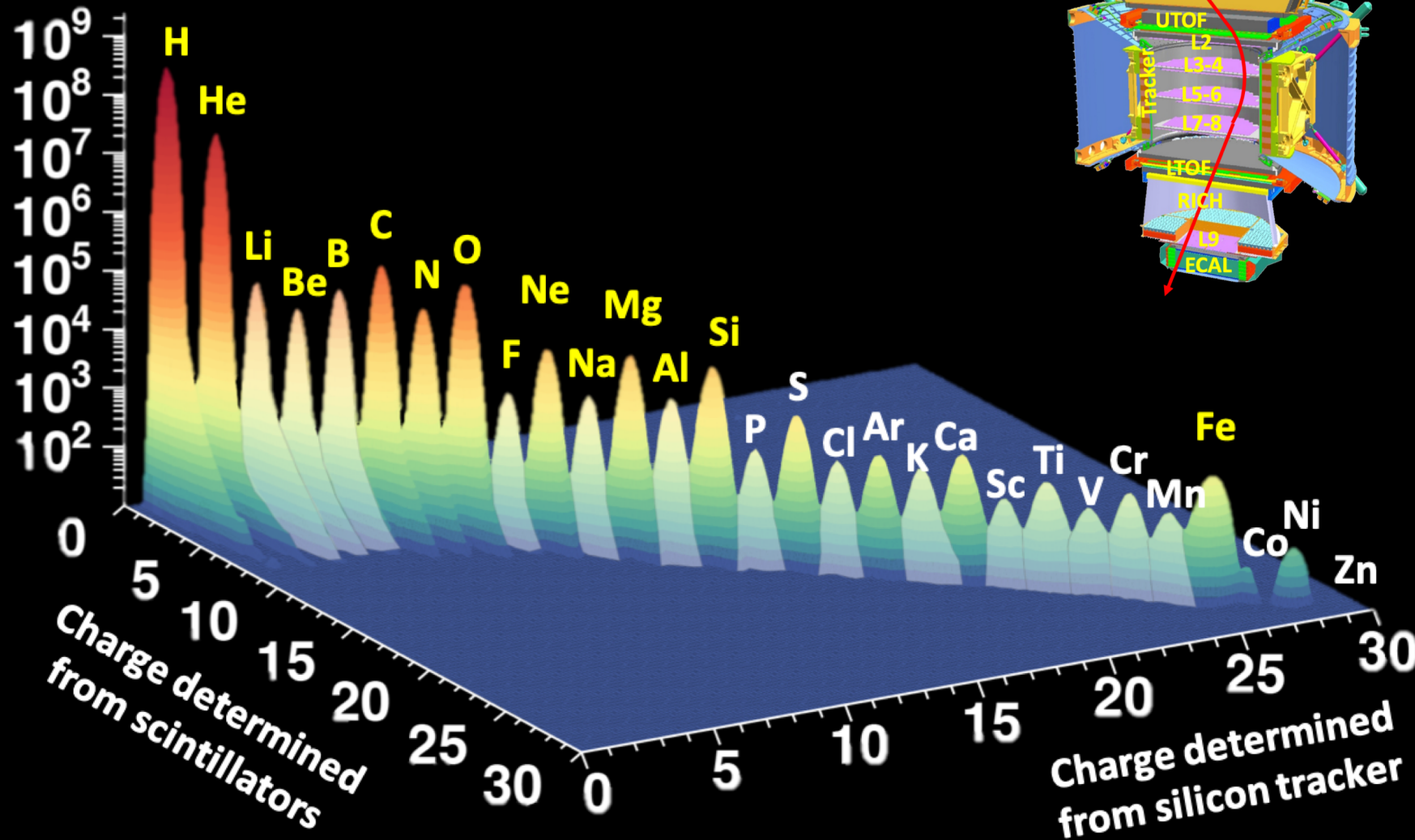
particelle e nuclei vengono identificate tramite la loro carica ed energia.



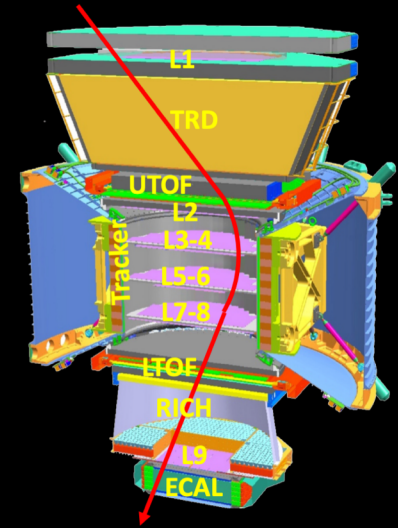
Misura dei Nuclei



Misura dei Nuclei



Tracker (9 Layers) + Magnet: Rigidity (Momentum/Charge) with multi-TV maximal detectable rigidity (MDR)



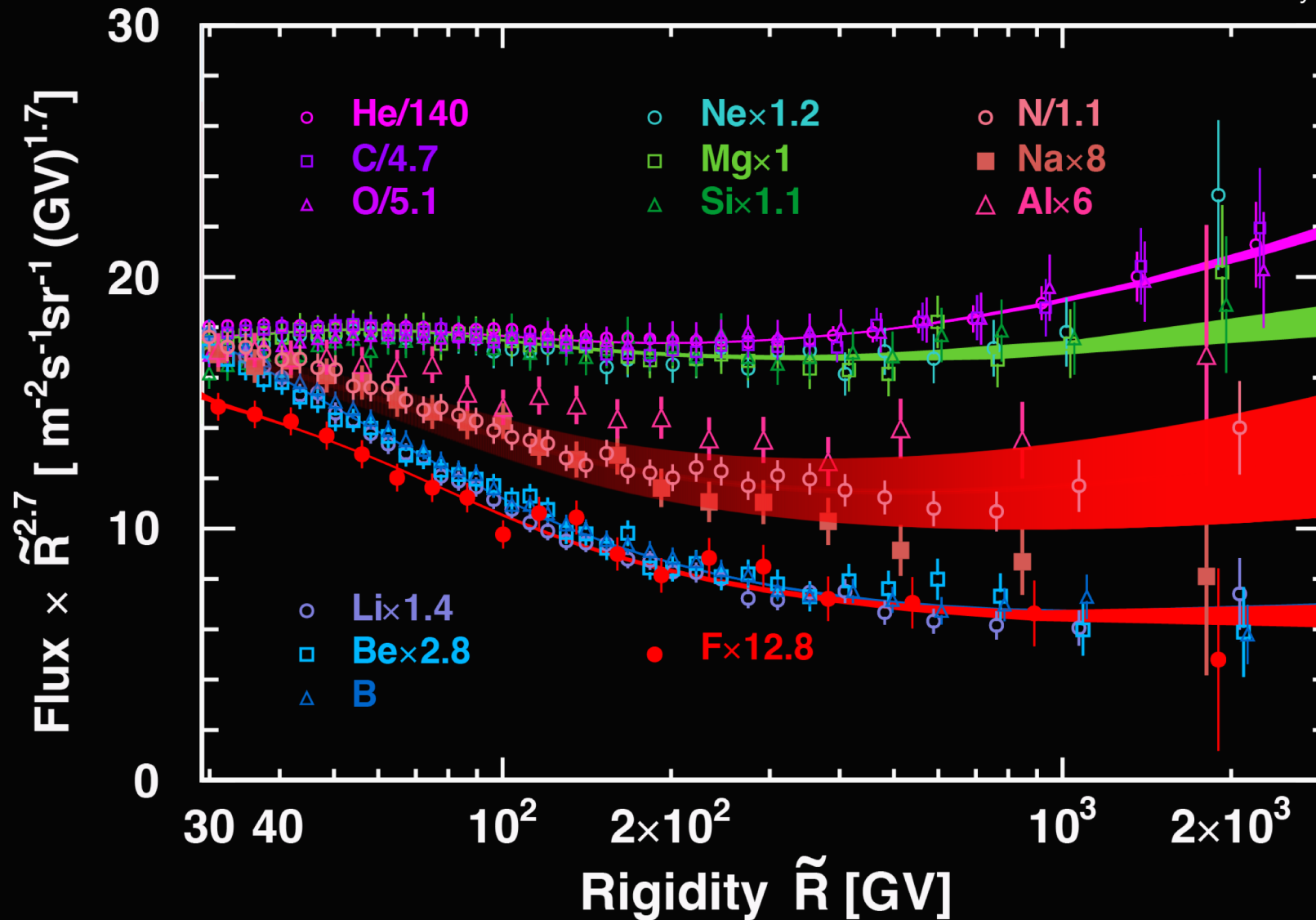
| | Coordinate Resolution | MDR |
|------------|-----------------------|--------------|
| Z=1 | 10 μm | 2 TV |
| Z \geq 2 | 5 - 8 μm | 3.0 - 3.7 TV |

TOF (4 Layers): Velocity and Direction
 $\Delta\beta/\beta^2 \approx 1-2\%$ ($Z \geq 2$), 4% ($Z=1$)

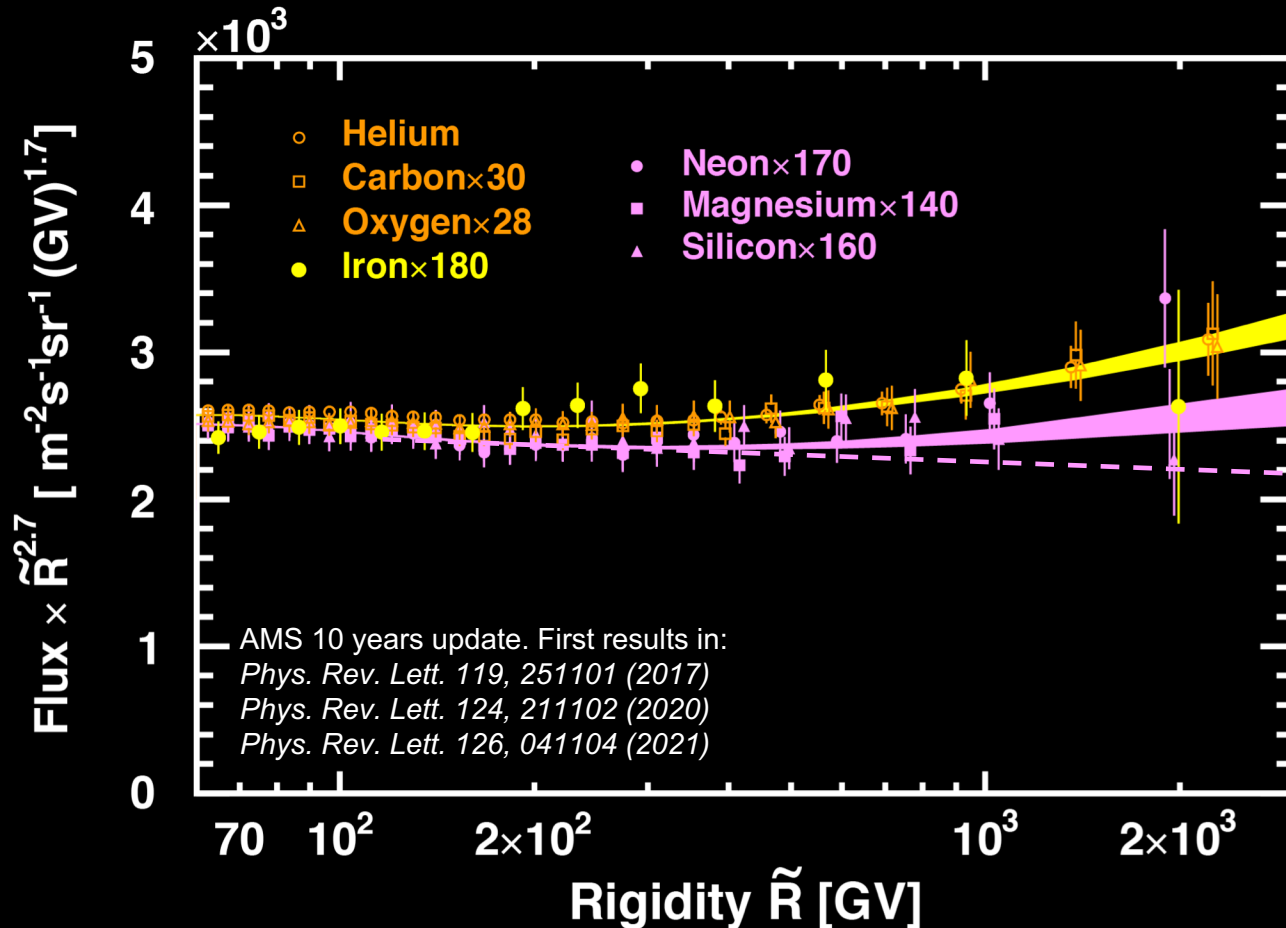
L1, UTOF, Inner Tracker (L2-L8), LTOF and L9
 Consistent Charge Along Particle Trajectory
 Inner Tracker Charge Resolution:
 $\Delta Z = 0.05-0.35$ ($1 \leq Z \leq 28$)

Misura dei Nuclei

AMS 10 years update. First results in:
Phys. Rev. Lett. 121, 051103 (2018).
Phys. Rev. Lett. 127, 021101 (2021).



Misura dei Nuclei



Gli elementi **Primari** (H, He, C, ..., Fe) vengono prodotti durante la vita delle stelle ed accelerati da supernovae.

Nuclei Primari leggeri come **He, C, ed O** hanno la stessa dipendenza dalla rigidità

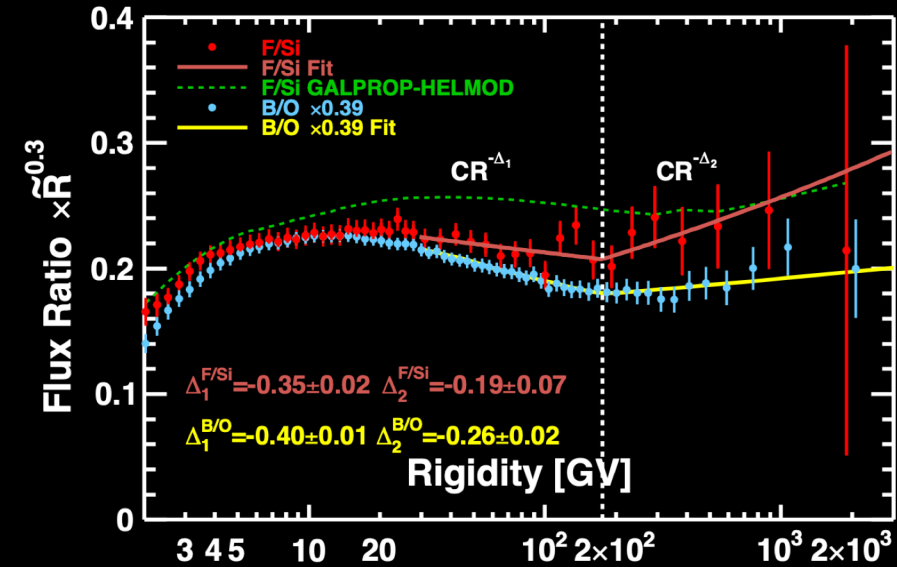
Nuclei Primari pesanti come **Ne, Mg and Si**, invece, hanno una dipendenza dalla rigidità diversa rispetto ai primary leggeri.

I nuclei Primari si dividono in due classi

$$Y_{\text{Ne,Mg,Si}} = Y_{\text{He,C,O}} + (-0.042 \pm 0.007)$$

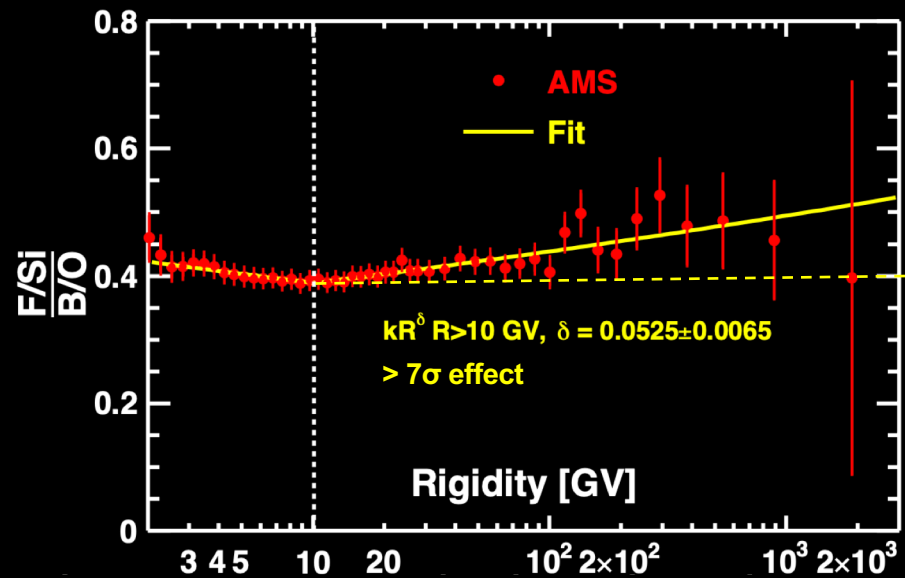
Fe si comporta inaspettatamente come He, C ed O

Misura dei Nuclei



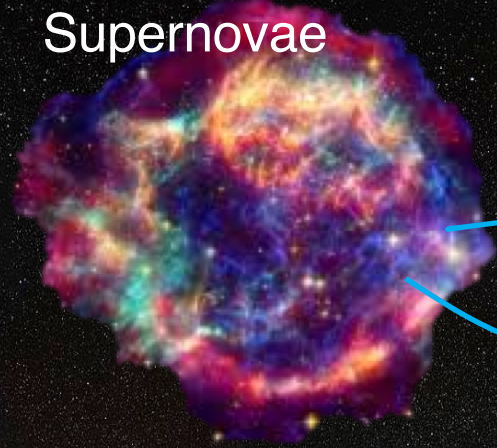
Gli elementi **Secondari** (Li, Be, B, F, ...) vengono prodotti dalle collisioni dei nuclei primari con il mezzo interstellare

I rapporti tra secondari/primari leggeri non segue una singola legge di potenza: questo favorisce l'ipotesi che la variazione di indice spettrale osservata sia dovuta agli effetti della propagazione



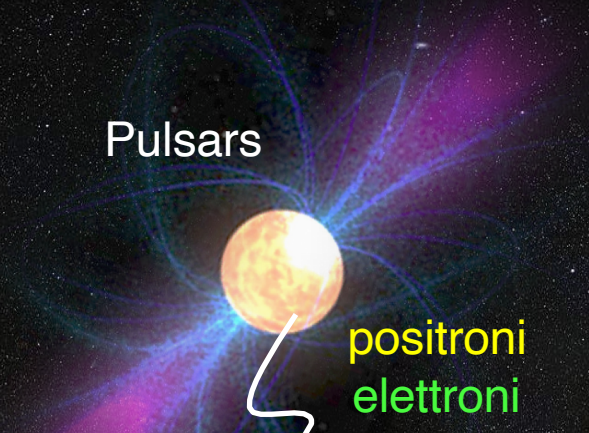
Il rapporto tra secondari/primari pesanti (F/Si) ha una diversa dipendenza dalla rigidità rispetto a quelli leggeri (B/C, B/O): anche i nuclei secondari hanno due classi, e le proprietà della propagazione sono diverse tra gli elementi pesanti e quelli leggeri

Misura di elettroni e positroni



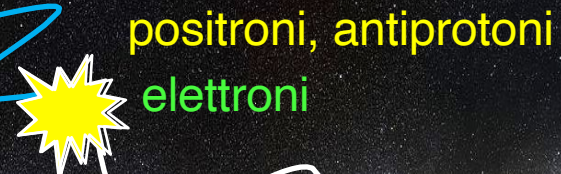
Supernovae

protoni (~90%)
Elio (~8%)
elettroni (~1%) ...

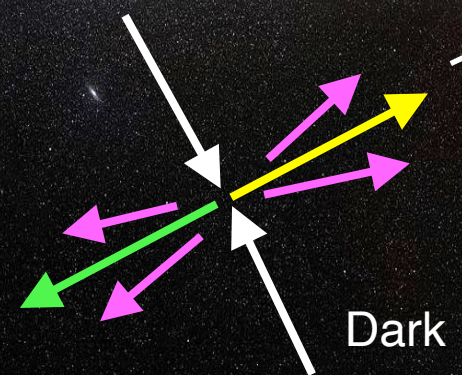


Pulsars

positroni
elettroni



positroni, antiprotoni
elettroni

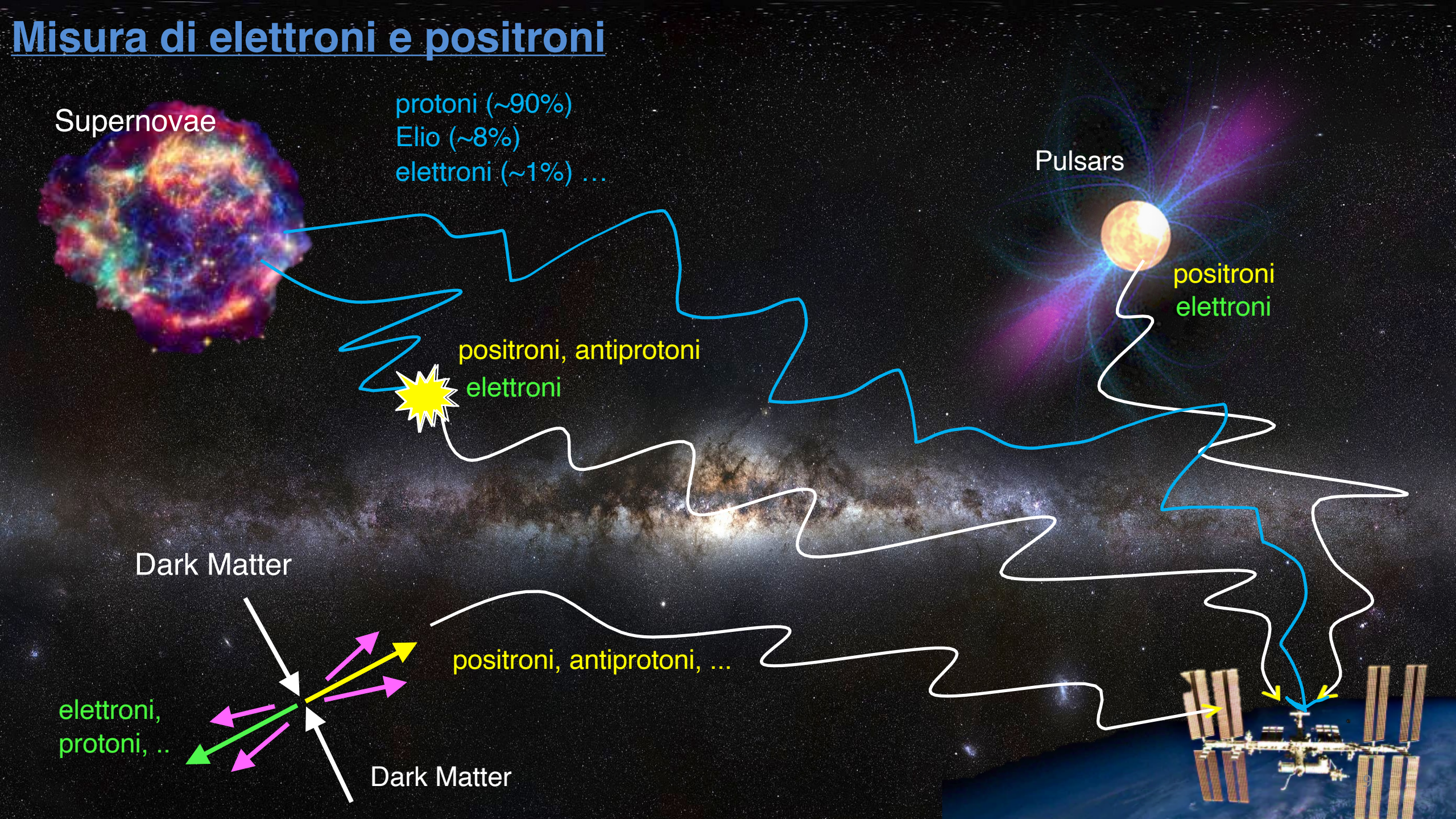
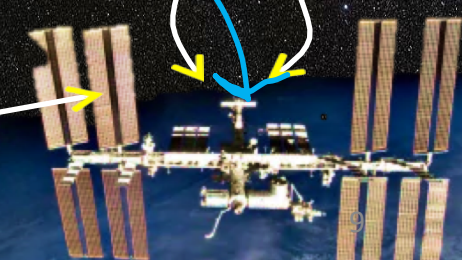


Dark Matter

positroni, antiprotoni, ...

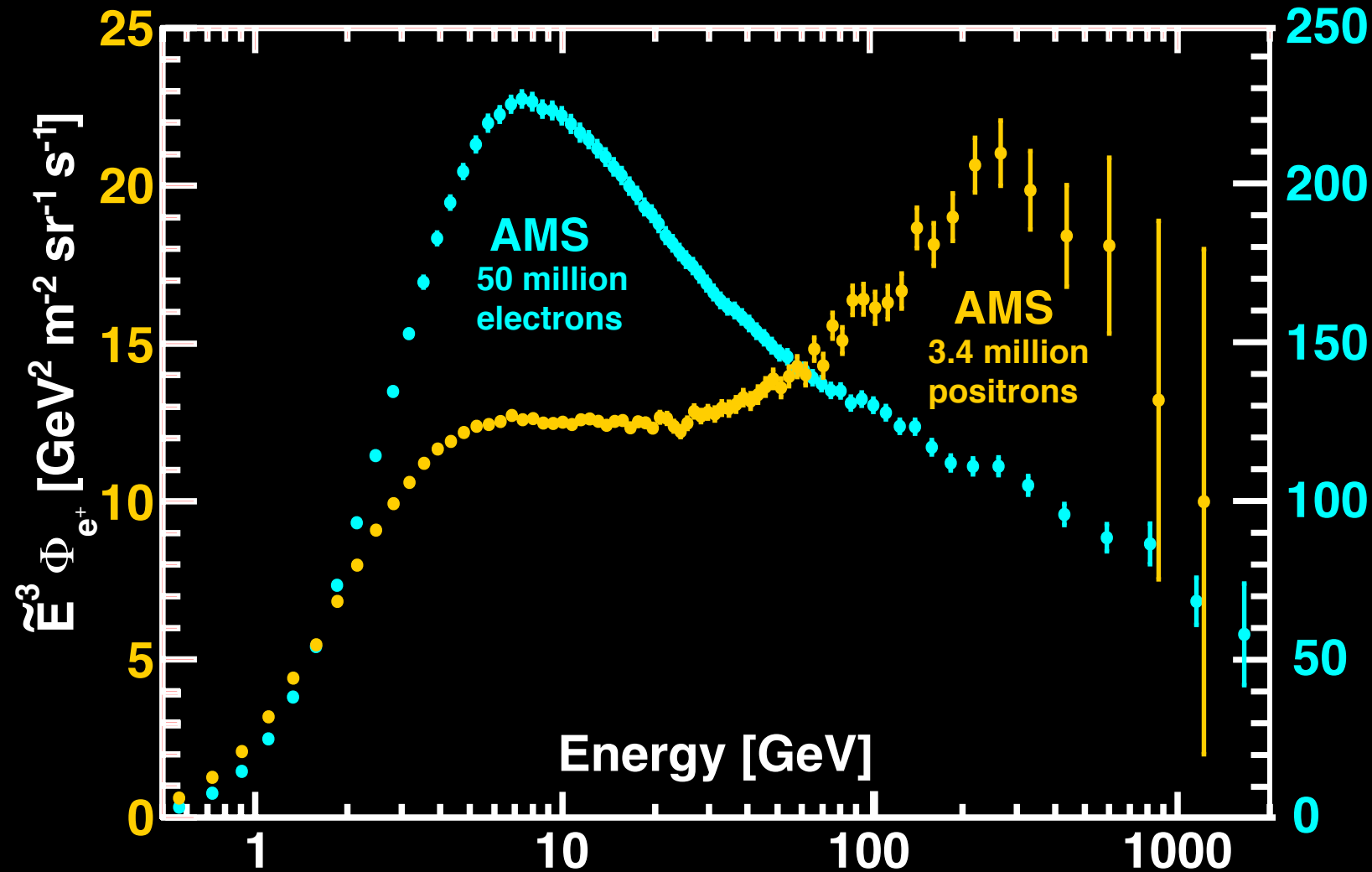
elettroni,
protoni, ...

Dark Matter



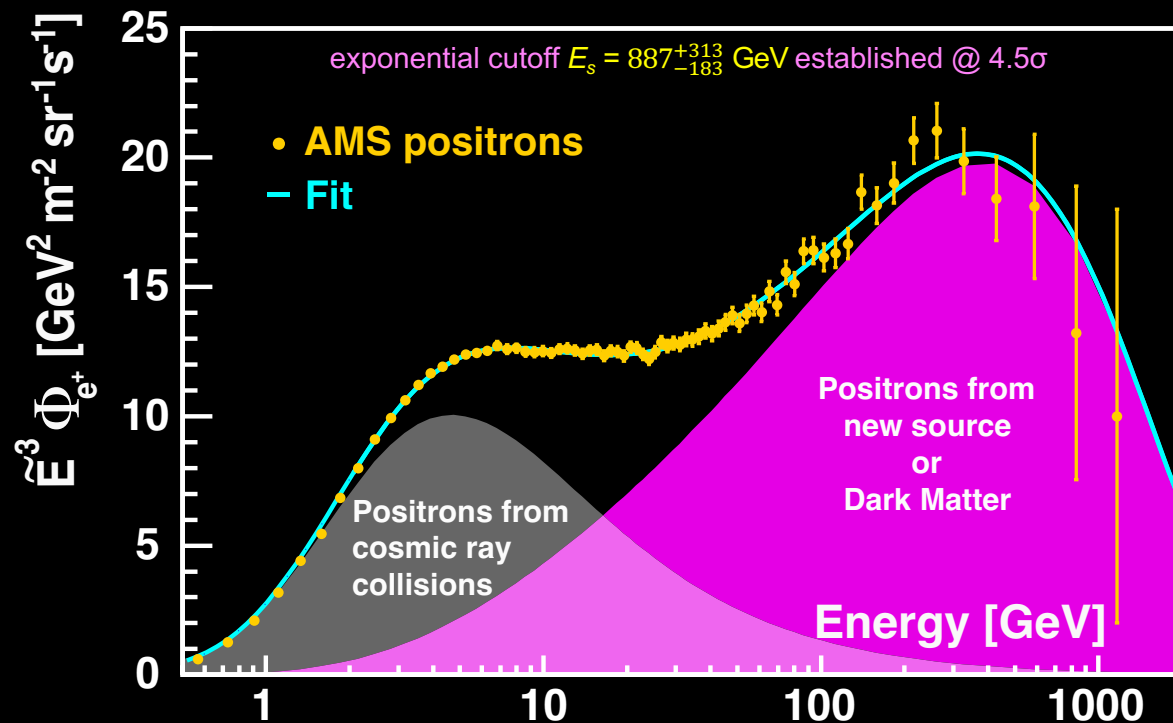
Misura di elettroni e positroni

AMS 10 years update. First results in:
Phys. Rev. Lett. 113, 121101 (2014)
Phys. Rev. Lett. 122, 041102 (2019)
Phys. Rev. Lett. 122, 101101 (2019)

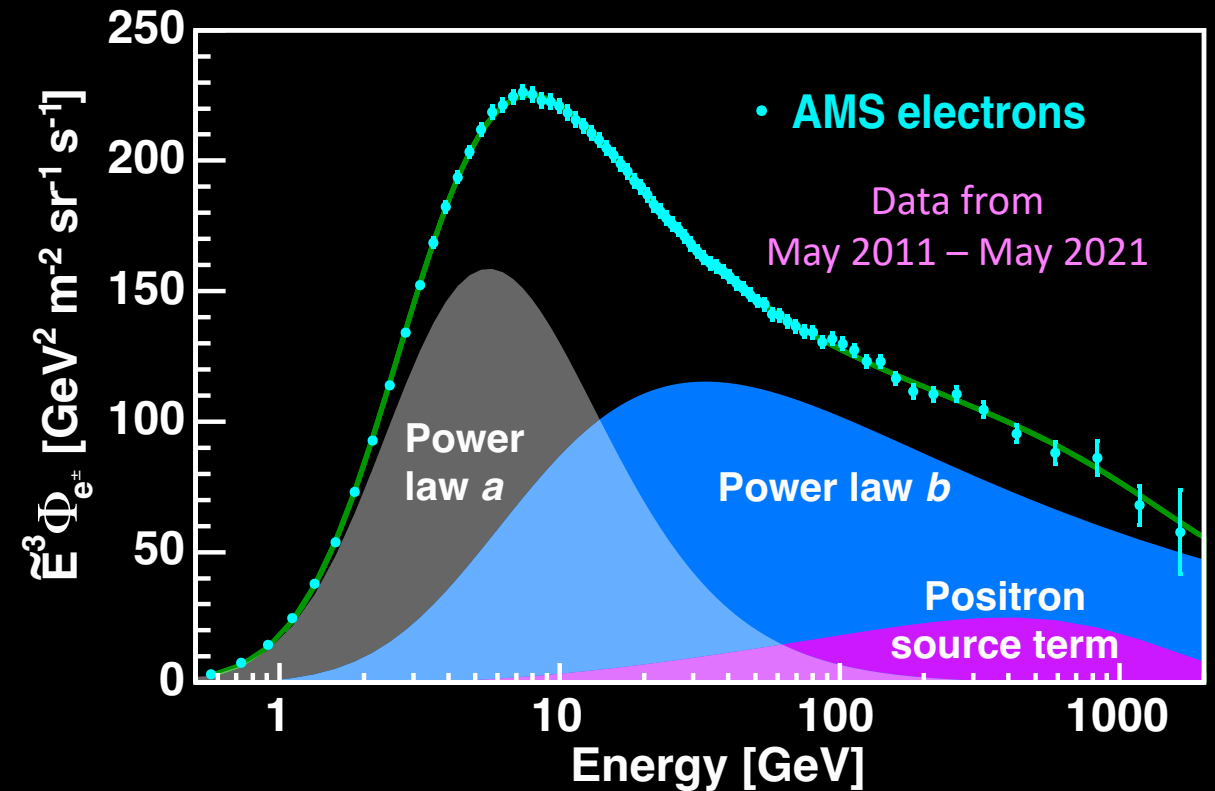


Misura di elettroni e positroni

Il flusso dei positroni può essere descritto attraverso una **parte di bassa energia** relativa alle collisioni dei raggi comici, e da una **parte di alta energia** relativa ad una nuova sorgente o Dark Matter, entrambe con una energia di cutoff

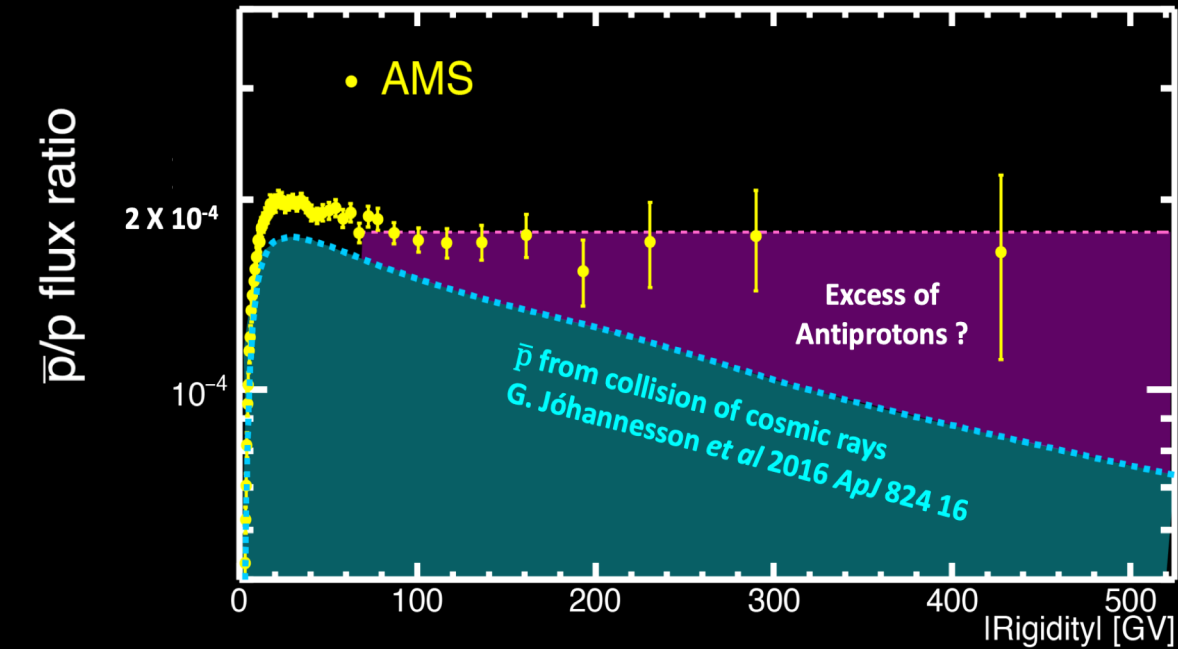


Lo spettro degli elettroni, oltre ad essere descritto attraverso due leggi di potenza, favorisce il contributo di una **sorgente positron-like**



Measurement of antiprotons

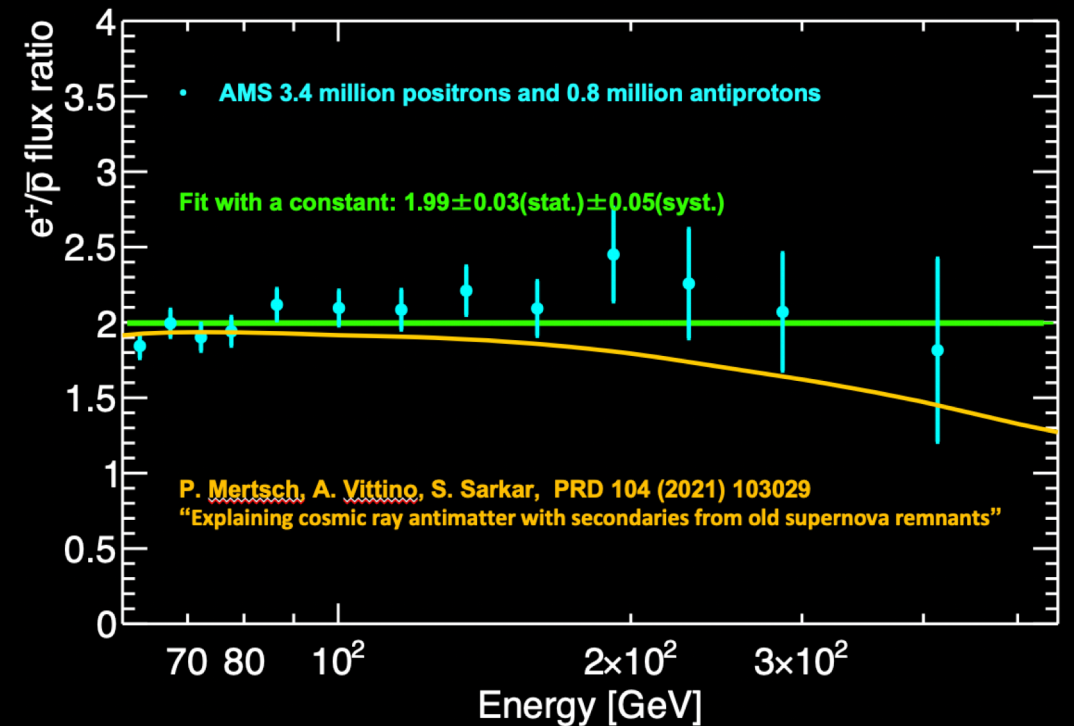
In 10 anni, AMS-02 ha collezionato 0.8 milioni di antiprotoni nei raggi cosmici, con energie comprese tra 1 e 525 GeV



Il rapporto tra i flussi di antiprotoni e protoni mostra una dipendenza dalla rigidità diversa da quella aspettata per antiprotoni prodotti da collisioni di raggi cosmici

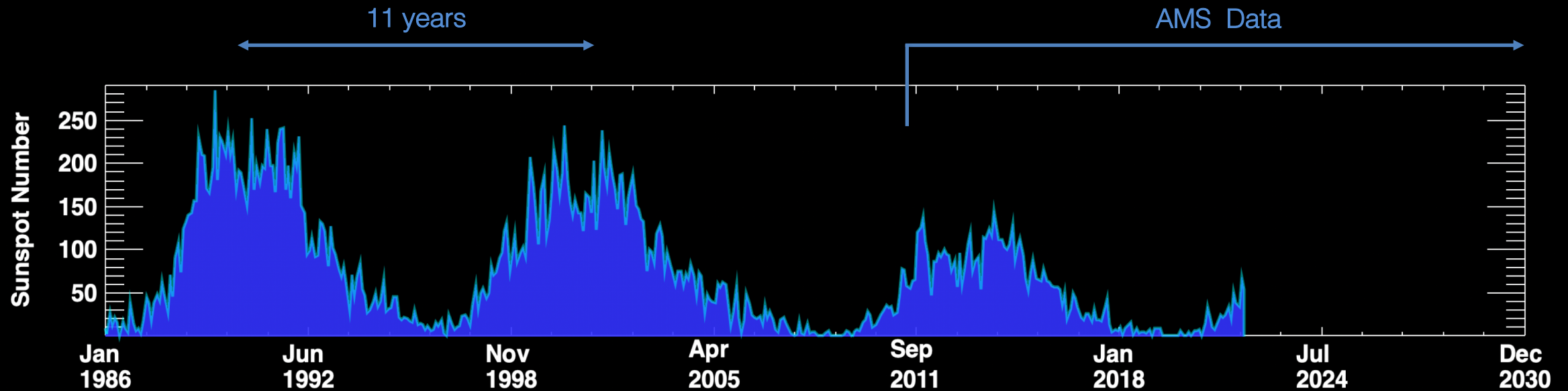
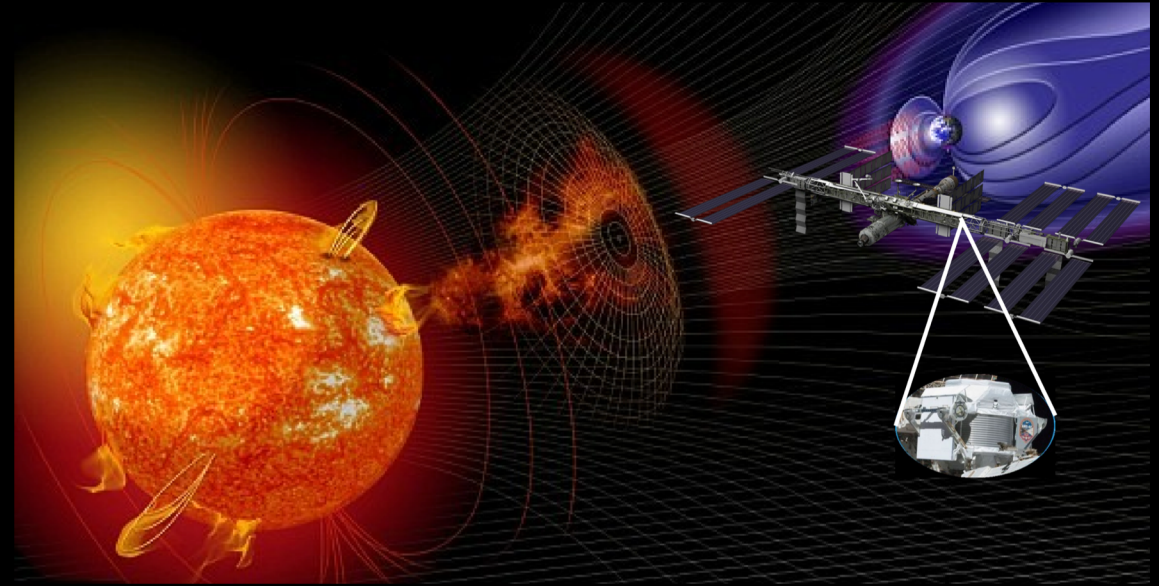
Positroni ed antiprotoni mostrano la stessa dipendenza dalla rigidità, sebbene abbiano diversa origine e diversi meccanismi di propagazione.

Il rapporto tra i flussi di positroni ed antiprotoni è costante ed indipendente dalla rigidità.



Fisica solare con AMS-02

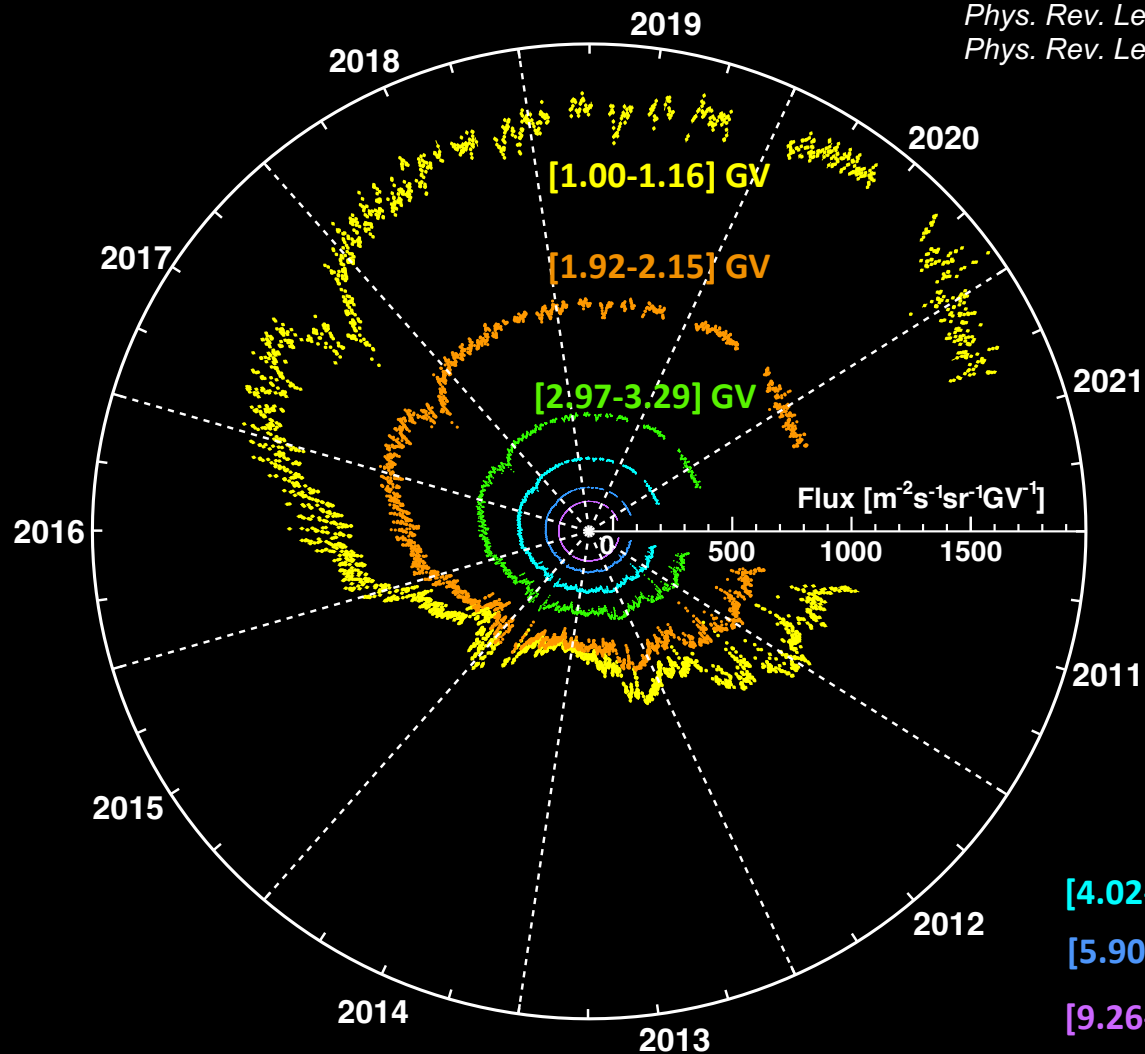
- **Effetti su ampie scale temporali (~anni):**
 - ❑ Variazione di intensità dei RC
 - ❑ Dipendenza dal segno della carica:
 - ❑ massimo solare: diffusione
 - ❑ minimo solare: diffusione + drift magnetico
- **Effetti su brevi scale temporali (~giorni):**
 - ❑ Forbush decrease & Solar Energetic Particles (SEP)



Flussi giornalieri di protoni ed Elio

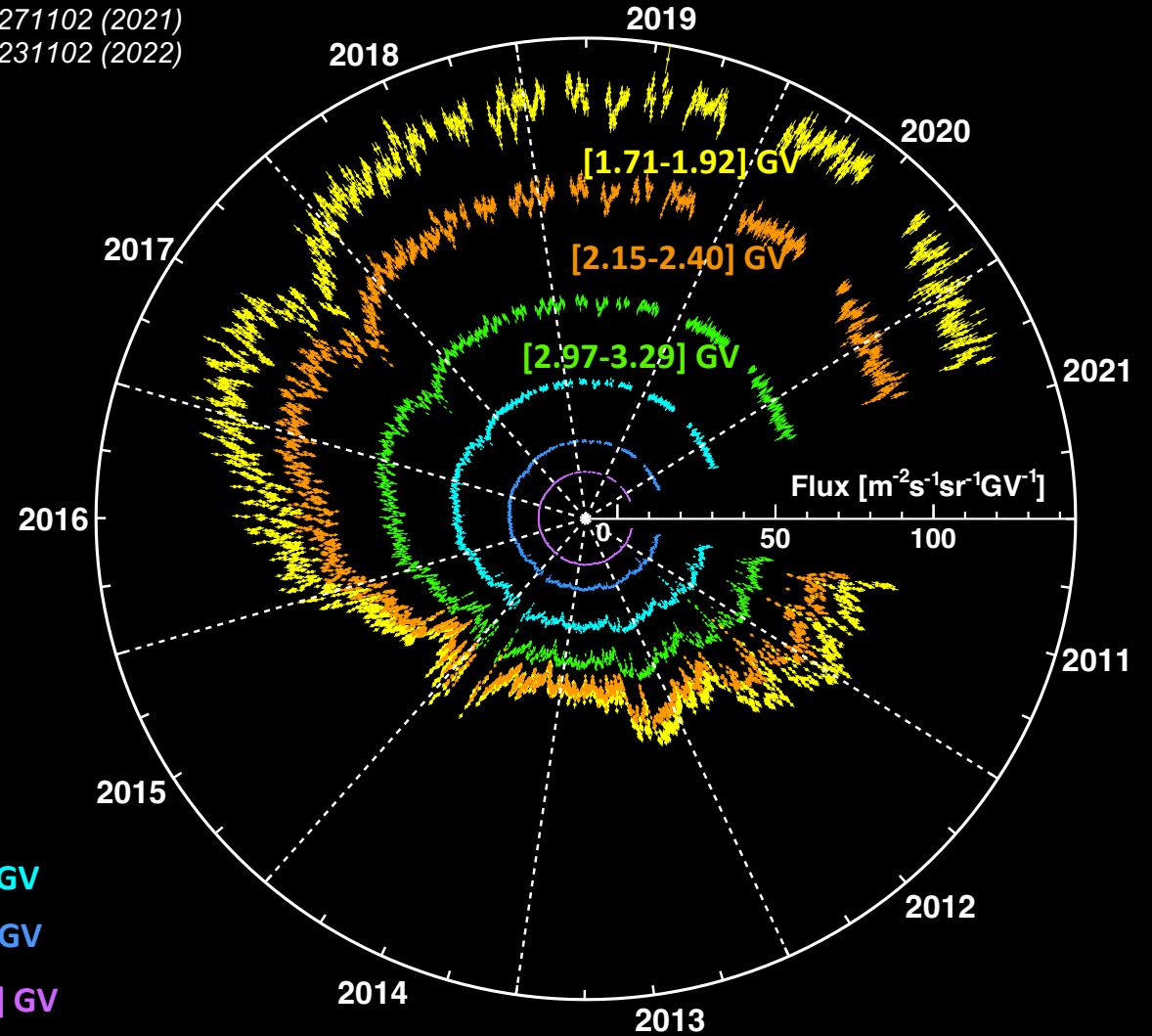
AMS ha collezionato 6 miliardi di protoni e 850 milioni di nuclei di Elio da **Maggio 2011** a **Maggio 2021**

Protoni giornalieri



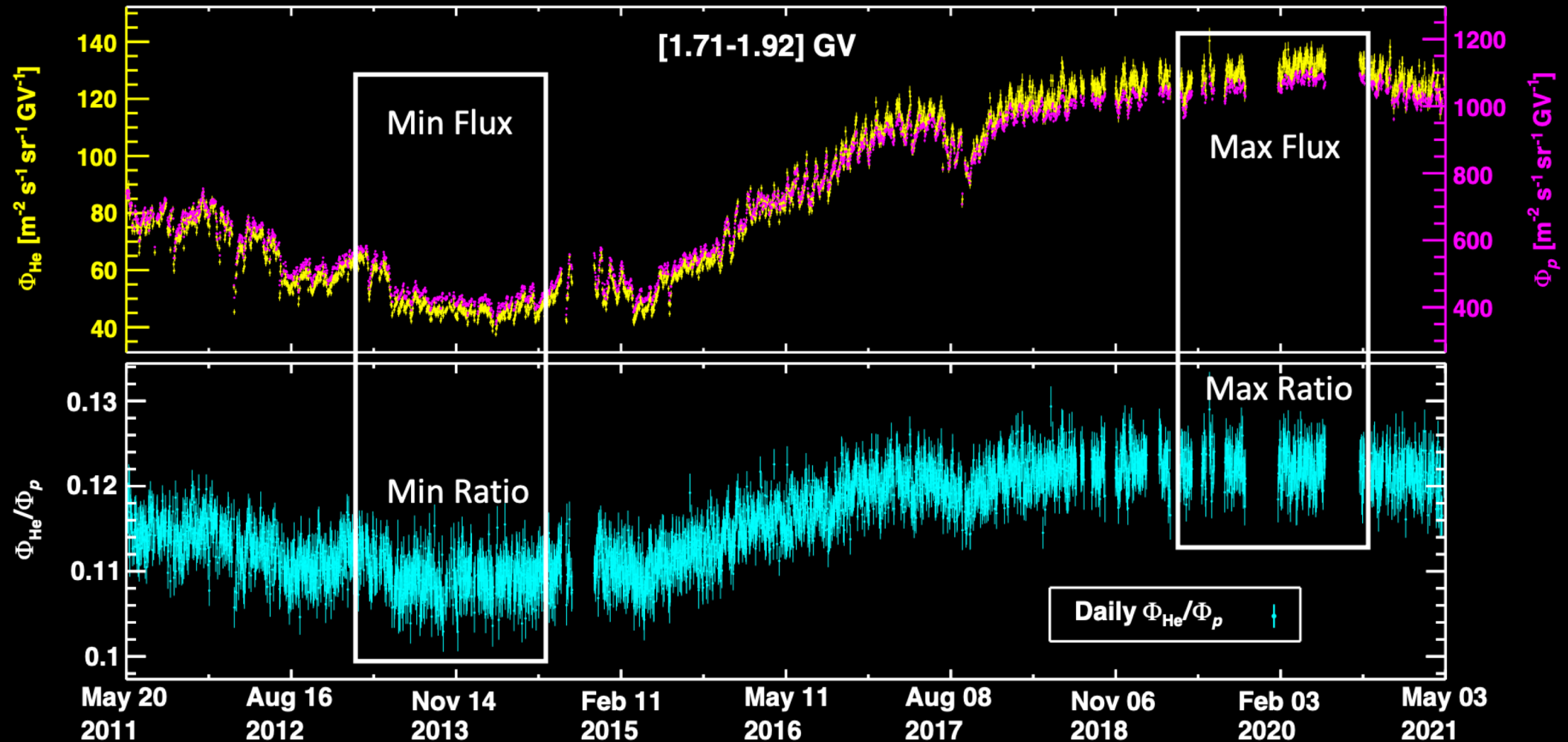
AMS 10 years update. First results in:
Phys. Rev. Lett. 127, 271102 (2021)
Phys. Rev. Lett. 128, 231102 (2022)

Nuclei di Elio giornalieri



[4.02-4.43] GV
[5.90-6.47] GV
[9.26-10.10] GV

Flussi giornalieri di protoni ed Elio

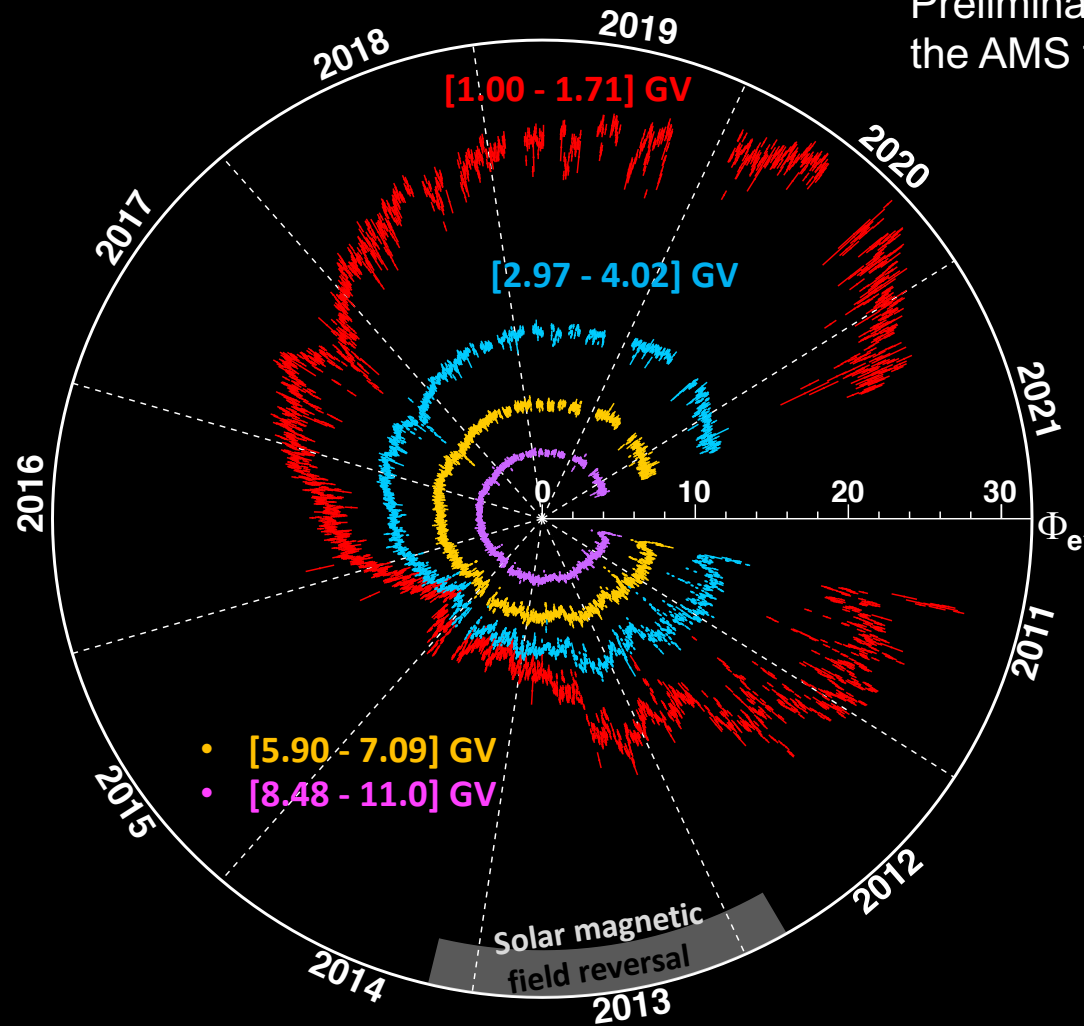


I flussi di **Protoni** ed **Elio** mostrano variazioni sia in tempo sia in rigidità.
Il flusso dell'Elio viene maggiormente modulato rispetto al flusso di protoni

Flussi giornalieri di elettroni e positroni

Elettroni giornalieri

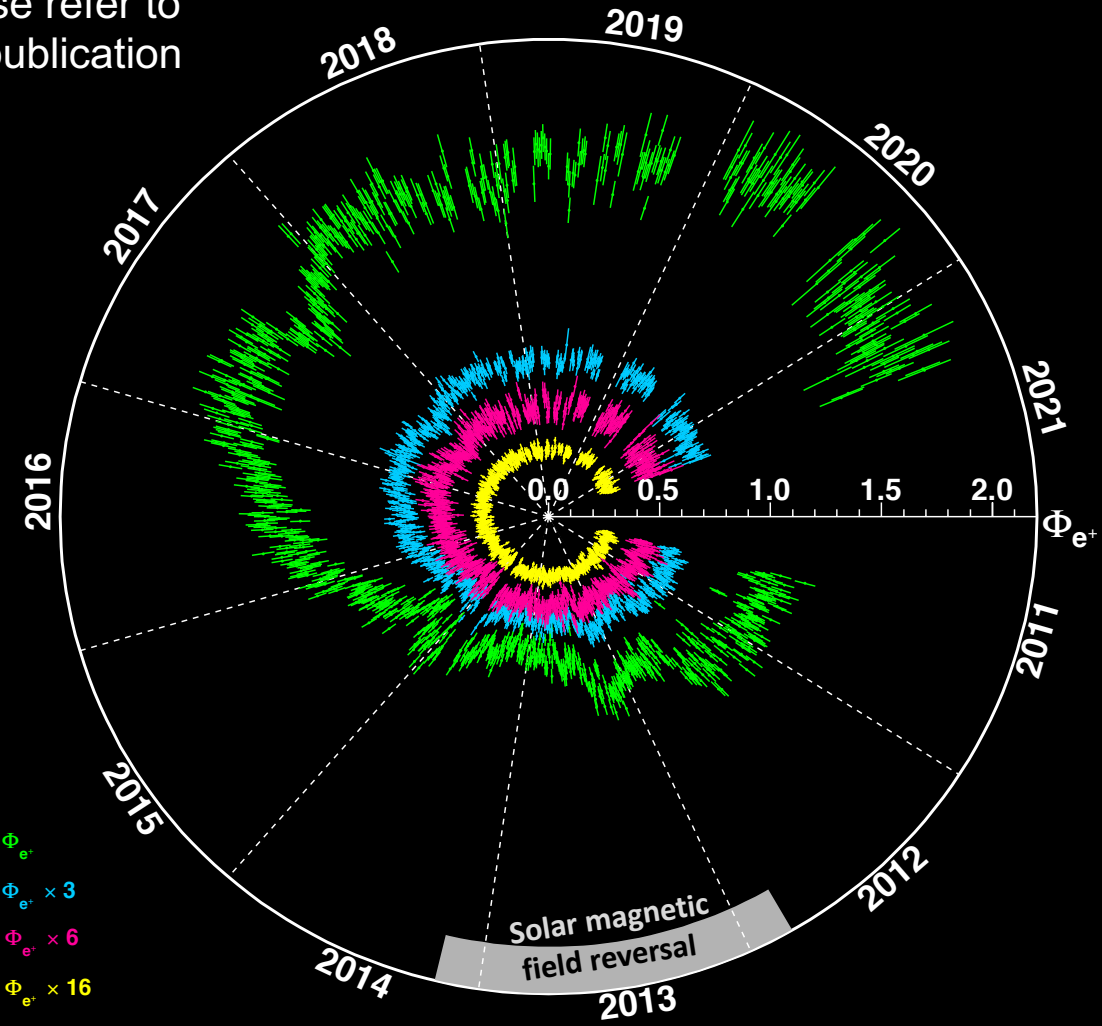
1-giorno



Preliminary data. Please refer to the AMS forthcoming publication

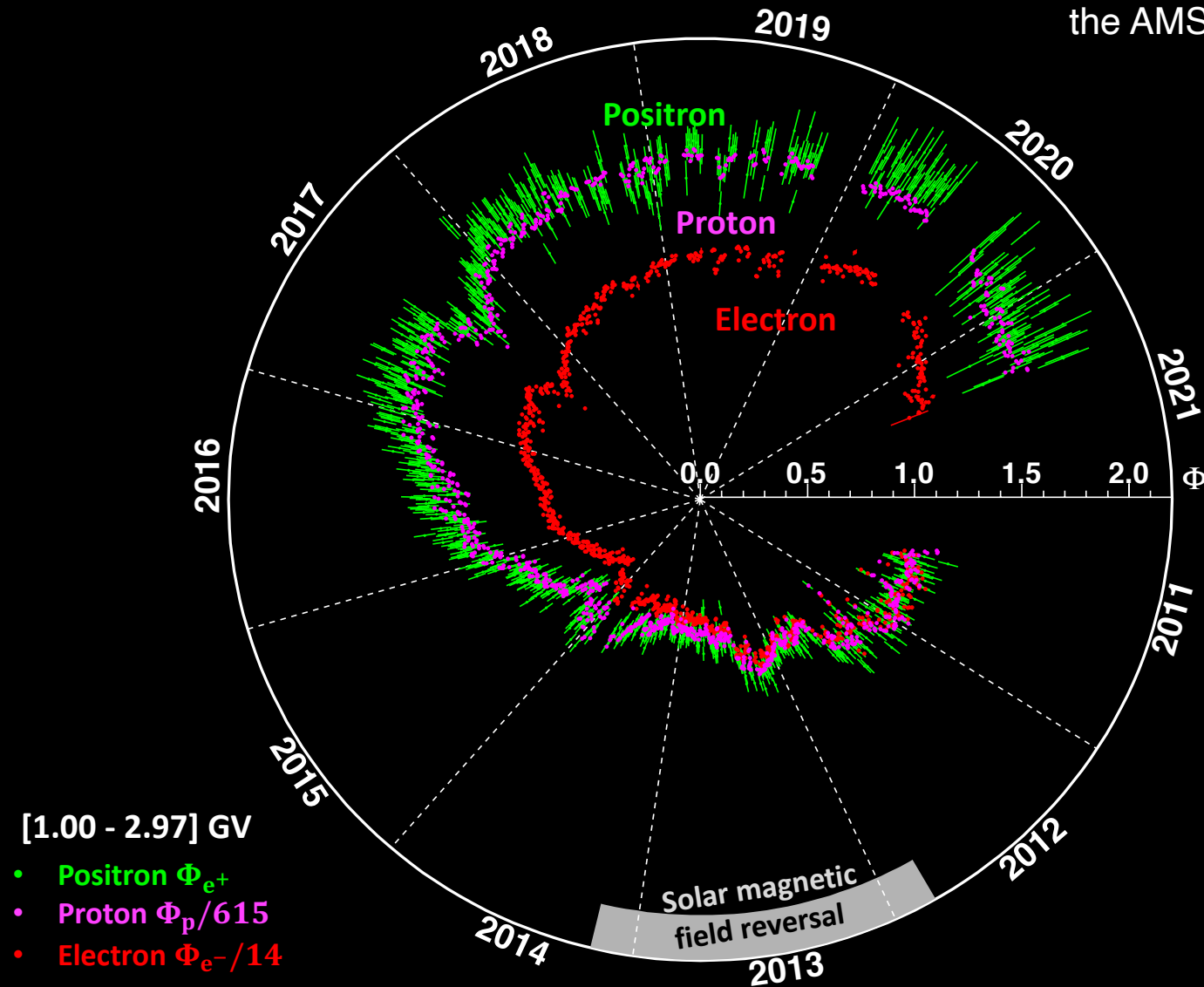
Positroni giornalieri

3-giorni

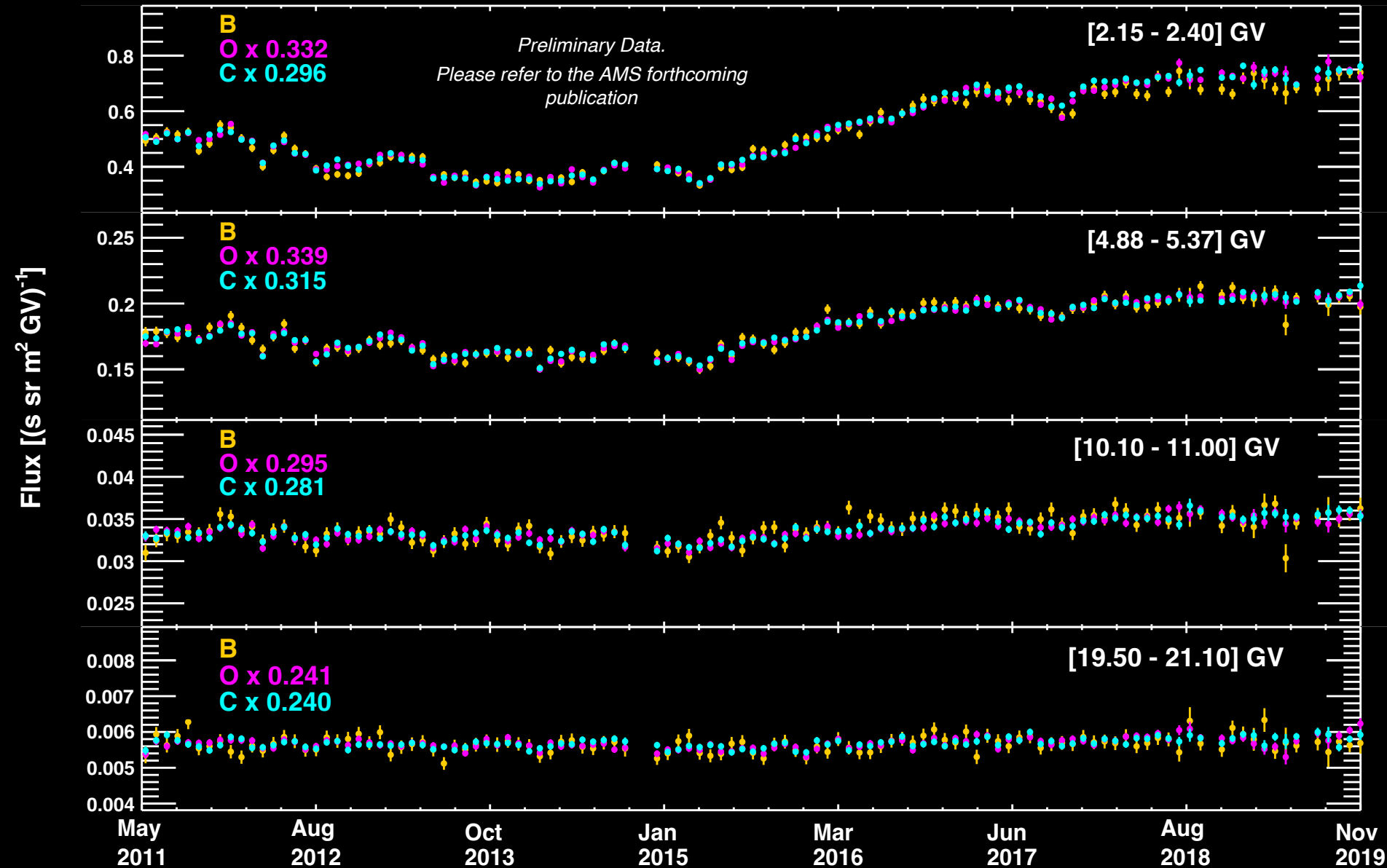


Flussi giornalieri di elettroni e positroni

Preliminary data. Please refer to the AMS forthcoming publication



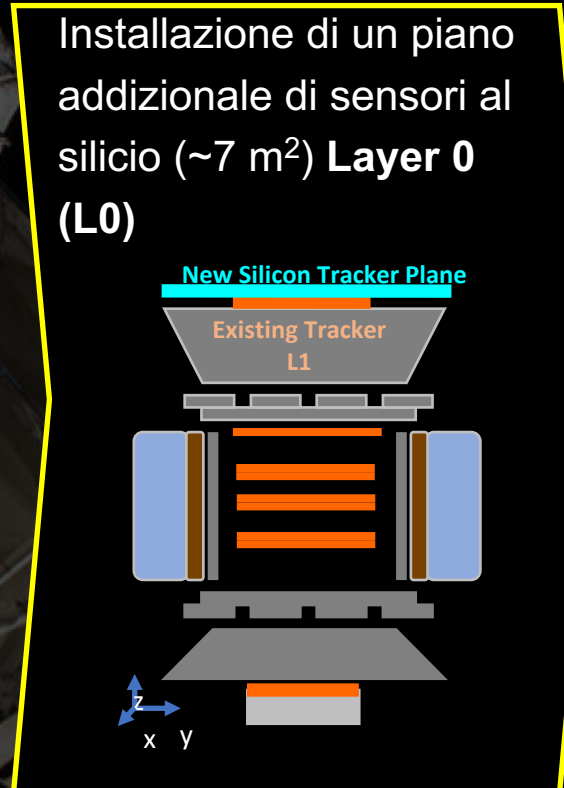
Flussi mensili di Boro, Carbonio ed Ossigeno



I flussi di Boro, Carbonio ed Ossigeno presentano strutture prodotte dall'ambiente solare

L'ampiezza di queste strutture decresce all'aumentare della rigidità, diventando non osservabile oltre i 20 GV





2011 AMS-02
Installato a bordo
della ISS

2020 AMS-02.01
Upgrade: UTTPS

2025 AMS-02.02
Upgrade: L0

AMS Tracker Layer 0: aumento di accettazione del 300%