

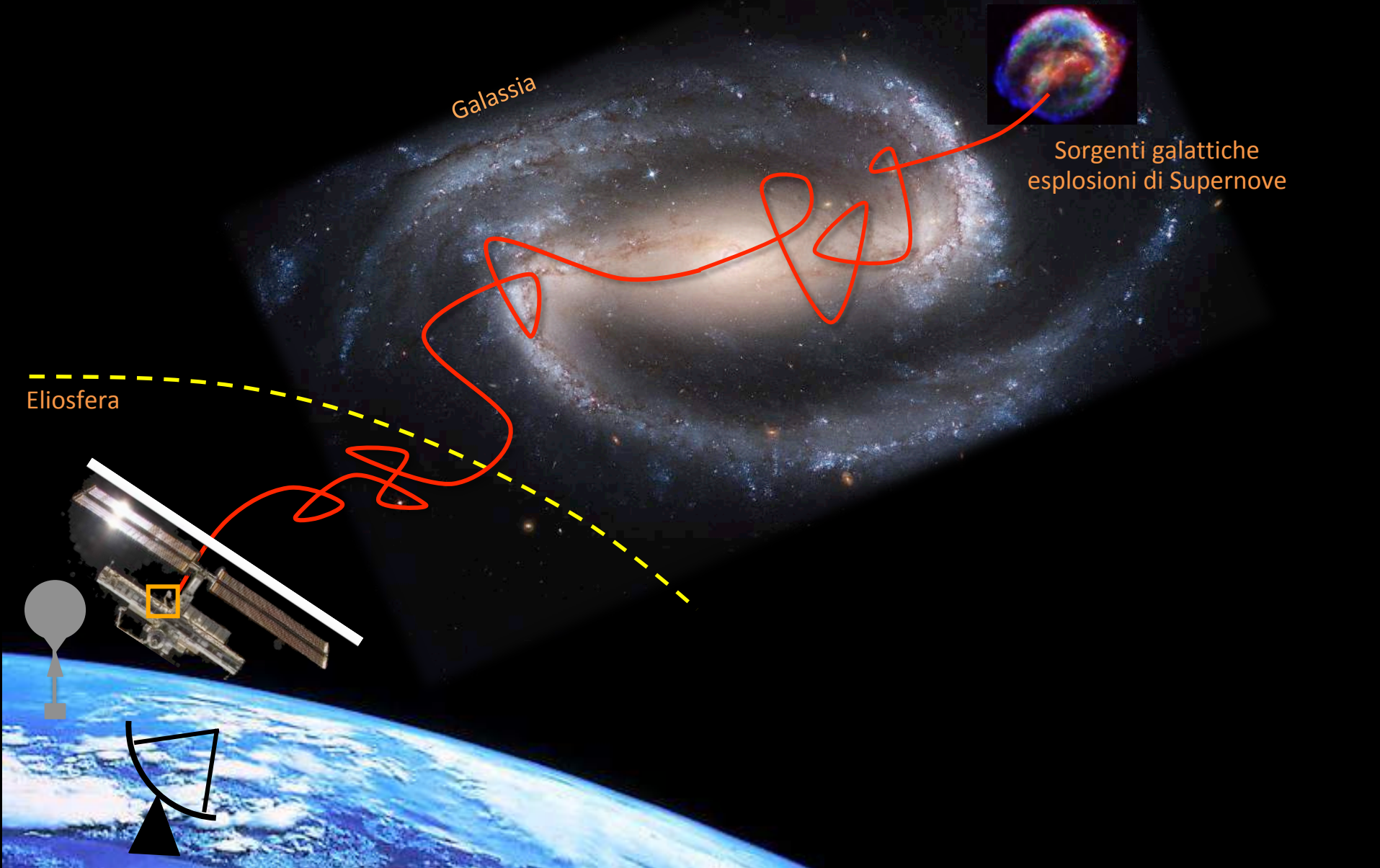
Fenomenologia della radiazione nello spazio



UniPG in collaborazione con INFN and ASI

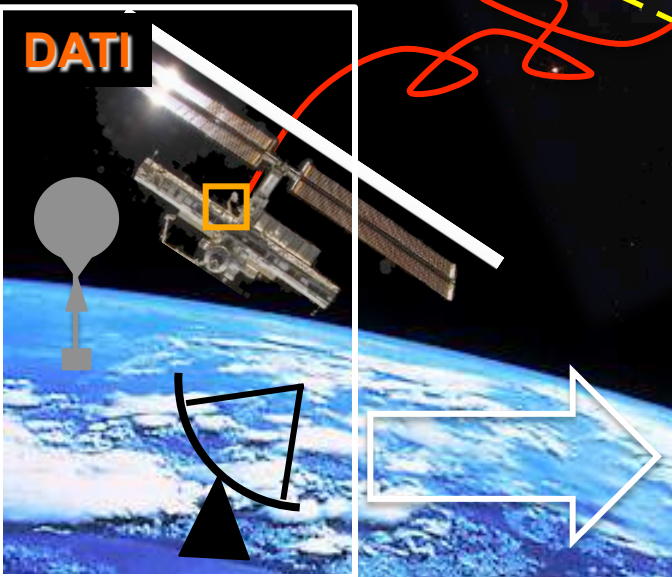
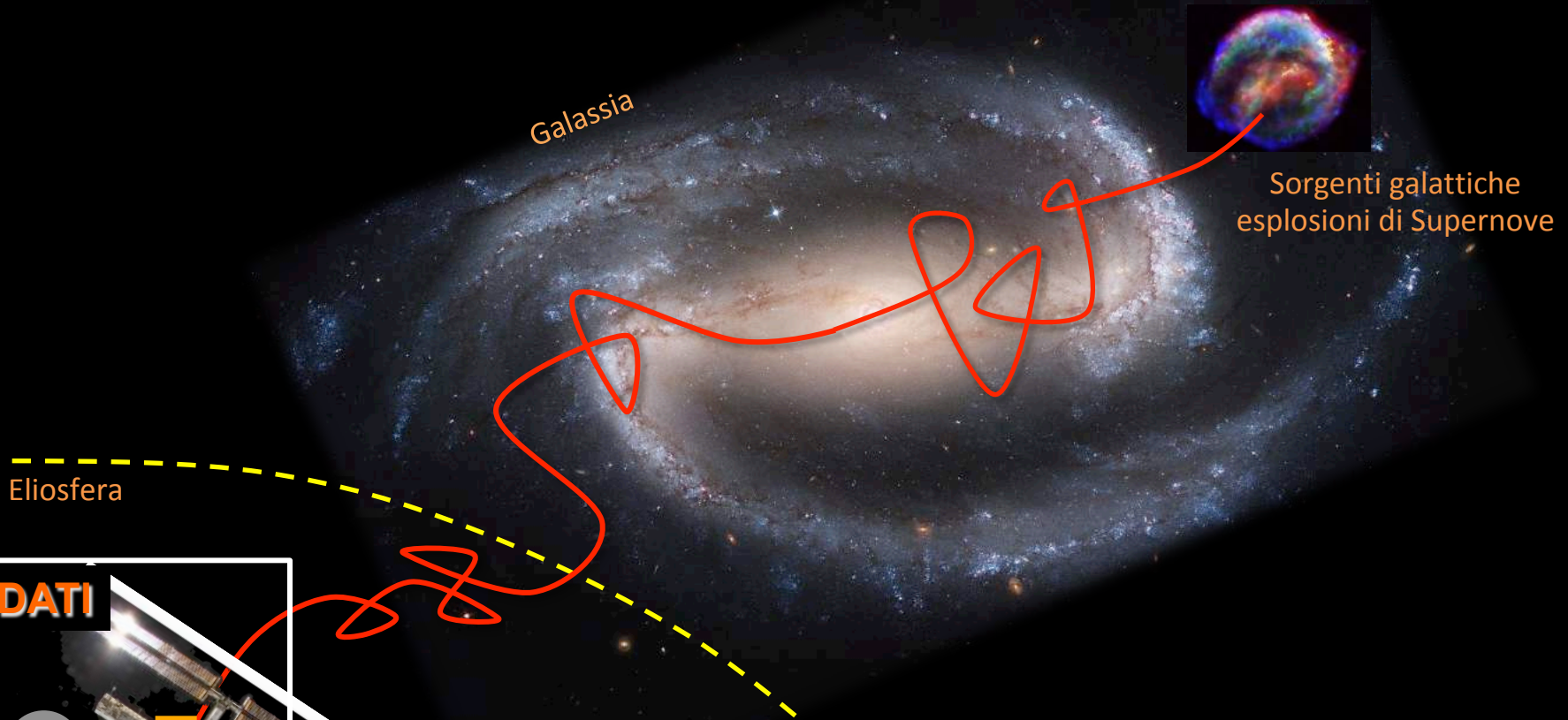
Bruna Bertucci, Emanuele Fiandrini
Nicola Tomassetti

Raggi cosmici: una finestra sull'Universo



Le osservazioni

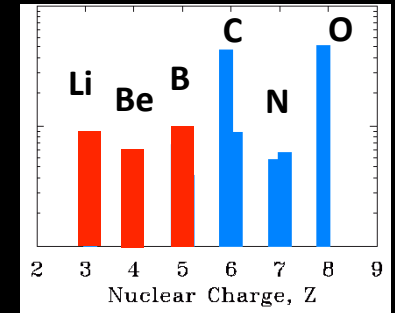
Misure a terra, in alta quota, nello spazio



DATI

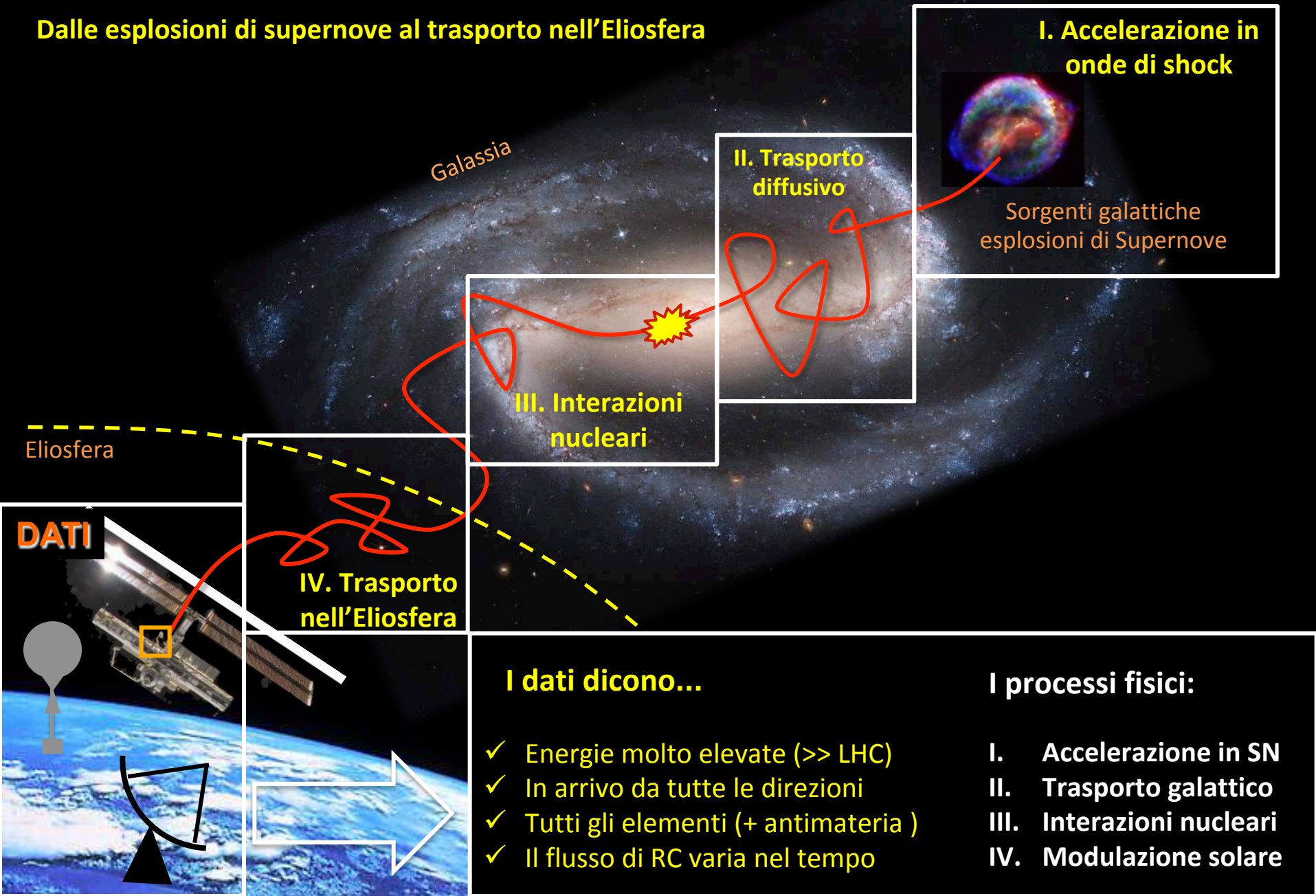
I dati dicono...

- ✓ Energie molto elevate (\gg LHC)
- ✓ In arrivo da tutte le direzioni
- ✓ Tutti gli elementi (+ antimateria)
- ✓ Il flusso di RC varia nel tempo



Processi fisici

Dalle esplosioni di supernove al trasporto nell'Eliosfera



Il modello standard della fisica dei raggi cosmici

Processi fisici

- I. Accelerazione in SNR
- II. Trasporto galattico
- III. Interazioni nucleari
- IV. Modulazione solare

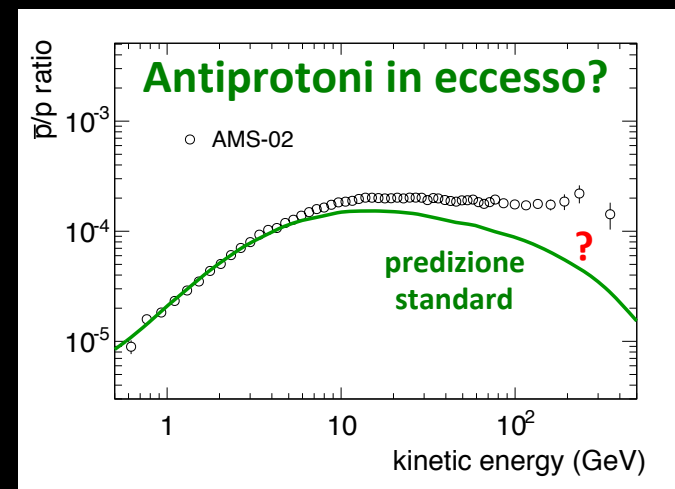
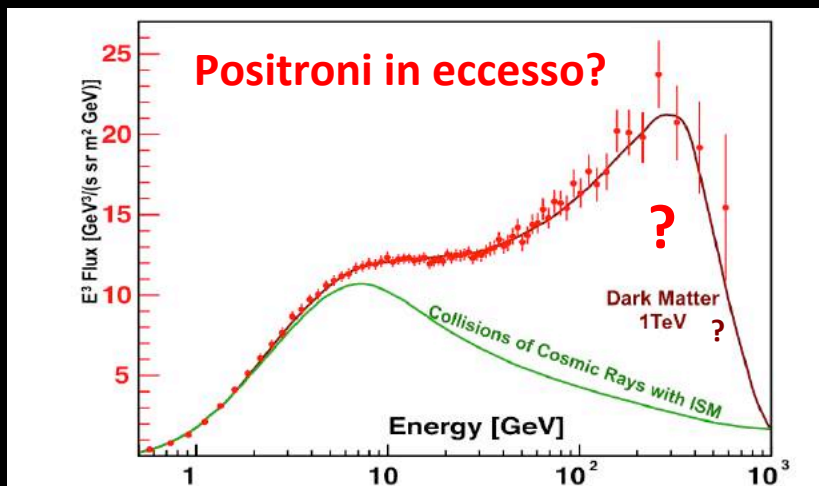


Spiegazione degli effetti osservati

- ✓ Spettro energetico dei RC
- ✓ Isotropia del flusso
- ✓ Li-Be-B e di antimateria
- ✓ Variabilità temporale del flusso

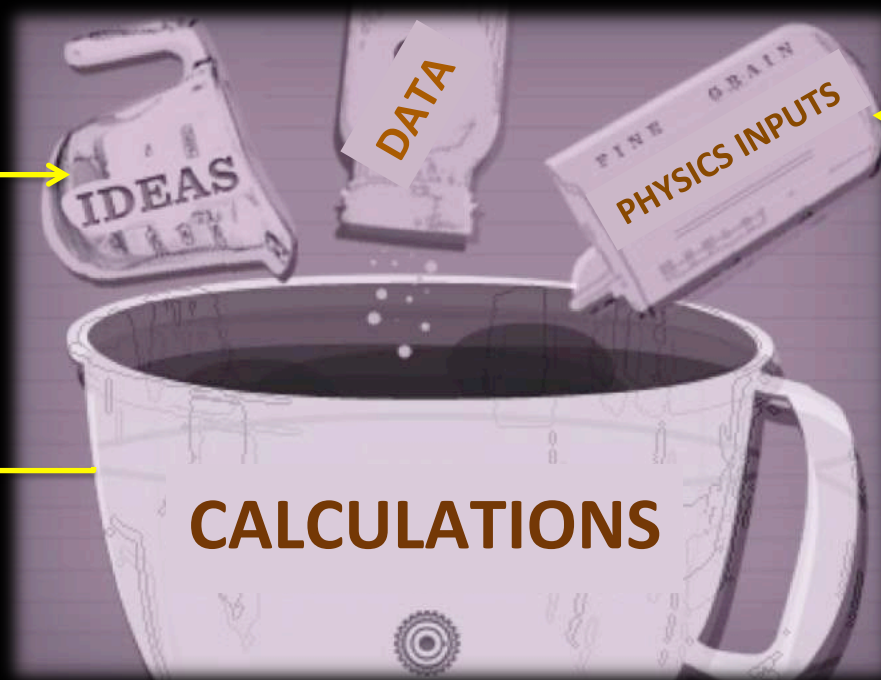
Misure di precisione nello spazio → nuovi effetti e anomalie

- Eccesso di **antimateria** ad alta energia (2009-2016)
- Eccesso di nuclei **Li-Be-B** ad alta energia (2018)
- Strutture anomale negli **spettri energetici** (2011-2015)
- Asimmetria materia-antimateria nella **modulazione solare** (2016-2018)



-> Revisione dei processi fisici -> nuove ipotesi -> test sui dati

- Esistono sorgenti di **antimateria**? Pulsar, **materia oscura**?
- Esistono **sorgenti** Galattiche di nuclei **Li-Be-B**?
- Nuovi effetti sulle **interazioni** ad alta energia?
- Nuovi effetti nella modulazione solare di RC nell'**Eliosfera**?



→ Verso la soluzione di problemi aperti

- Origine dei raggi cosmici
- Origine dell'antimateria cosmica
- Natura della materia oscura

→ Connessione con varie discipline

- Cosmologia e astrofisica relativistica
- Fisica nucleare e delle particelle
- Fisica solare, plasmi, space weather

Raggi cosmici nell'Eliosfera & meteorologia cosmica

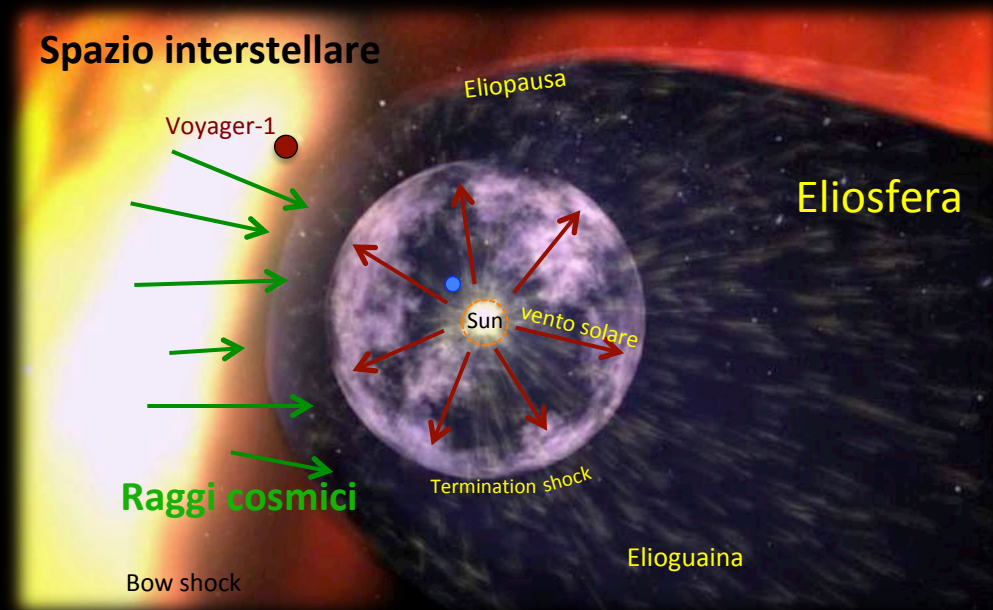
Attività in collaborazione con *Space Science Data Center* (ASI) e *LIP – Lisbona*
In sinergia con le attività di analisi dei dati di AMS-02



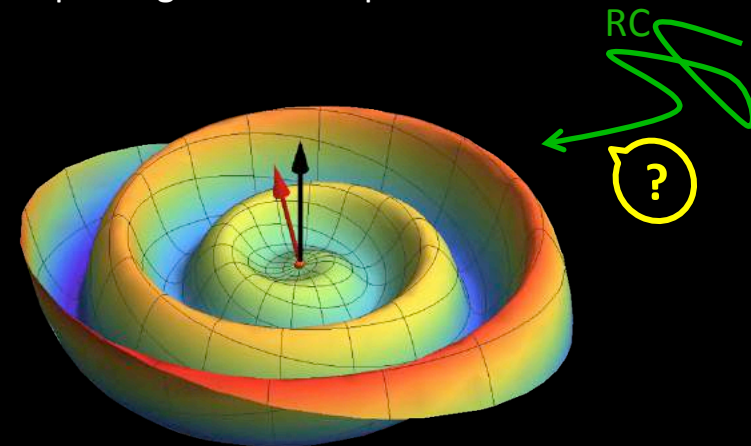
Uso di dati di missioni spaziali (AMS, Voyager-1) e osservatori solari

Investigazione di varie problematiche

- Origine dei raggi cosmici e dell'antimateria, ricerca di materia oscura
- Struttura dell'Eliosfera, proprietà del plasma interplanetario
- **Space weather, pianificazione di missioni spaziali, rischi per astronauti**



Campo magnetico interplanetario



Rotazione + emissione di particelle
-> spirale di Parker -> current sheet

Raggi cosmici nell'Eliosfera & meteorologia cosmica

Risultati recenti

Le stagioni dei raggi cosmici



PLATINUM

L'effetto del ciclo solare sui raggi cosmici: il progetto MATISSE

Il nostro pianeta è continuamente bombardato da una "pioggia" di particelle di alta energia provenienti dalle regioni più remote della Galassia: i raggi cosmici. L'intensità di questa pioggia galattica varia perio-

interdisciplinare che sta assumendo sempre più rilevanza. Prevedere il flusso di radiazione nello spazio interplanetario è infatti di vitale importanza per valutare i rischi per gli astronauti e le strumentazioni in orbita.

ti Uniti, Asia ed Europa e vede una forte partecipazione italiana grazie al supporto di Università, INFN ed ASI. "AMS-02 misura con altissima precisione le componenti più rare della radiazione cosmica, alla ricerca di anti-materia come segnale di

Uno scudo per la Terra *Le Scienze – Marzo 2018*

Nicola Tomassetti ha ottenuto una scoperta importante sull'eliosfera, la regione dello spazio influenzata dall'azione del Sole, che agisce come scudo per la Terra

Da miliardi di anni il Sole fornisce il calore e l'energia necessari alla vita sulla Terra, e un riparo dall'incessante pioggia di raggi cosmici, costituiti da particelle cariche ad alta energia, che investono il sistema solare. Sui meccanismi fondamentali di questo scudo, la cosiddetta eliosfera, cioè la regione dello spazio influenzata dall'azione del Sole, sappiamo molto. Tuttavia, tante questioni sono ancora aperte.

Di recente, una pietra miliare negli studi sull'eliosfera è stata posta da un team italo-portoghese coordinato da Nicola Tomassetti dell'Università di Perugia e della sezione dell'Istituto nazionale di fisica nucleare (INFN) della stessa città. Come si legge su «Astrophysical Journal Letters», Tomassetti, insieme ai colleghi del progetto europeo MATISSE, ha scoperto un ritardo temporale definito - circa otto mesi - con cui l'attività solare modula il flusso di raggi cosmici. È un risultato importante non solo per le conoscenze di base sui raggi cosmici, ma anche per la programmazione delle future missioni nello spazio.



Universe INAF | Sedi | Astrochannel | Progetti da Terra | Progetti spaziali | Agenda | Lavoro | Seminari | Per

HOME | ASTRONOMIA | SPAZIO | FISICA | TECH | EVENTI | ARCHIVIO | GALLERY | M

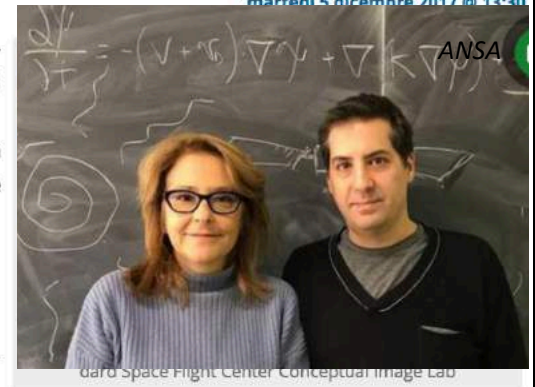
COSÌ IL SOLE MODULA PARTICELLE E ANTIPARTICELLE G+ Tweet Share 189

Allerta raggi cosmici, con otto mesi d'anticipo

Uno studio dell'Università di Perugia, Infn e Università di Lisbona, combinando misure sperimentali e calcoli numerici, ha stabilito la presenza di un "ritardo temporale" di 245 giorni nell'effetto di modulazione solare dei raggi cosmici galattici. Il risultato ha implicazioni per l'astrofisica delle alte energie, la fisica solare e la meteorologia spaziale

di Ufficio Comunicazione Infn Segui @INFN_

Investigare il fenomeno della modulazione solare dei raggi cosmici galattici: questo il fine di una ricerca, i cui risultati sono ora pubblicati su *The Astrophysical Journal Letters*, condotta in collaborazione tra Università di Perugia, Infn e Università di Lisbona. A tal fine i ricercatori hanno analizzato una grande quantità di dati, provenienti da missioni spaziali e da osservatori terrestri, con l'obiettivo di costruire un nuovo modello numerico di trasporto di particelle cariche nel Sistema solare. Dall'analisi è emersa l'evidenza di un "ritardo" di 245 giorni (circa 8 mesi) tra l'attività magnetica del Sole e l'inten-



per approfondire www.media.inaf.it/2017/12/05/modulazione-raggi-cosmici
aasnova.org/2017/12/01/a-shifting-shield-provides-protection-against-cosmic-rays

Metodi di indagine

Come descriviamo i processi fisici?

✓ Calcoli analitici

- Molti problemi possono essere studiati effettuando semplici valutazioni

✓ Modelli semi-analitici

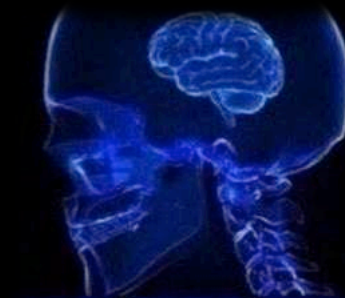
- Calcolo sezioni d'urto: **PG – Madrid – MIT**
- Accelerazione: **PG – Torino – Grenoble**

✓ Modelli numerici

- Modello di modulazione solare: **PG – Lisbona**
- Codici pubblici (GALPROP, Dragon, DarkSusy)

✓ Modelli stocastici

- Simulazioni di traiettorie: **PG – Lisbona**
- Modelli MC per d'urto: **Madrid – MIT – PG**



Come otteniamo info dai dati?

Confronto qualitativo
tra predizioni e osservazioni

Scansione manuale nello
spazio dei parametri liberi

Test statistici: minimi quadrati
o maximum likelihood

Global Bayesian analysis,
Markov Chain Monte-Carlo

Tesi di laurea

Modulazione solare e meteorologia cosmica

1. Realizzazione di modelli predittivi di modulazione solare

- Fase 1: Analisi incrociate dei dati di osservatori solari e missioni spaziali (Voyager, ACE, SOHO, AMS...)
- Fase 2: Sviluppo di un framework per predire l'evoluzione del flusso di RC in tempo reale.

2. Studio del trasporto di particelle e antiparticelle nell'Eliosfera

- Fase 1: Simulazioni numeriche del trasporto di particelle cariche
- Fase 2: Descrizione dell'evoluzione temporale dei flussi osservati di raggi cosmici

Fenomenologia dei raggi cosmici ad alta energia

3. Modellizzazione degli spettri dei nuclei Li-Be-B nei raggi cosmici

- Fase 1: Implementazione dei processi di produzione di Li-Be-B e trasporto
- Fase 2: Uso dei dati di AMS per ottenere una spiegazione per l'eccesso di LiBeB misurato.

4. Modellizzazione degli spettri degli anti-nuclei nei raggi cosmici (\bar{p} , \bar{d} , \bar{He})

- Fase 1: Studio dei processi frammentazione e coalescenza per la produzione di antinuclei
- Fase 2: Stima del fondo di antimateria per la ricerca di materia oscura (e potenziale di scoperta)



Bruna
Bertucci
@unipg.it



Emanuele
Fiandrini
@unipg.it



Nicola
Tomassetti
@unipg.it