

# RAGGI COSMICI E FISICA SPAZIALE

Modelli, interpretazione dei dati, analisi astrofisiche



A.D. 1308

unipg

DIPARTIMENTO  
DI FISICA E GEOLOGIA

**NICOLA TOMASSETTI**

[nicola.tomassetti@unipg.it](mailto:nicola.tomassetti@unipg.it)

**Particle Astrophysics Group Perugia**

Modelli, interpretazione dei dati, analisi >> **questa presentazione, Nicola Tomassetti**

Esperimenti nello spazio, strumenti e misure >> **presentazione di Matteo Duranti**

# RAGGI COSMICI E FISICA SPAZIALE

Modelli, interpretazione dei dati, analisi astrofisiche



A.D. 1308

unipg

DIPARTIMENTO  
DI FISICA E GEOLOGIA

**NICOLA TOMASSETTI**  
nicola.tomassetti@unipg.it

## Particle Astrophysics Group Perugia

Modelli, interpretazione dei dati, analisi >> **questa presentazione, Nicola Tomassetti**



Bruna  
Bertucci  
@unipg.it



Emanuele  
Fiandrini  
@unipg.it



Nicola  
Tomassetti  
@unipg.it

# CORSI DI INSEGNAMENTO

## **COSMOLOGIA E ASTROPARTICELLE**

Big Bang e universo primordiale  
Antimateria, neutrini, fotoni  
Ricerca di materia oscura

**N Tomassetti**

## **METODI STATISTICI PER ANALISI DATI**

Inferenza statistica, analisi di dati  
sperimentali, tecniche di simulazione.

**M. Graziani, B. Bertucci**

## **FISICA DEI RAGGI COSMICI**

Sorgenti e accelerazione di particelle cariche  
Propagazione e interazioni di RC nella galassia  
Tecniche di rivelazione di RC carichi

**E. Fiandrini**

## **FISICA DELLO SPAZIO**

Eliofisica, relazioni sole-terra, geospazio  
Plasmi spaziali e trasporto di radiazione  
Missioni, esperimenti, space weather

**N. Tomassetti**

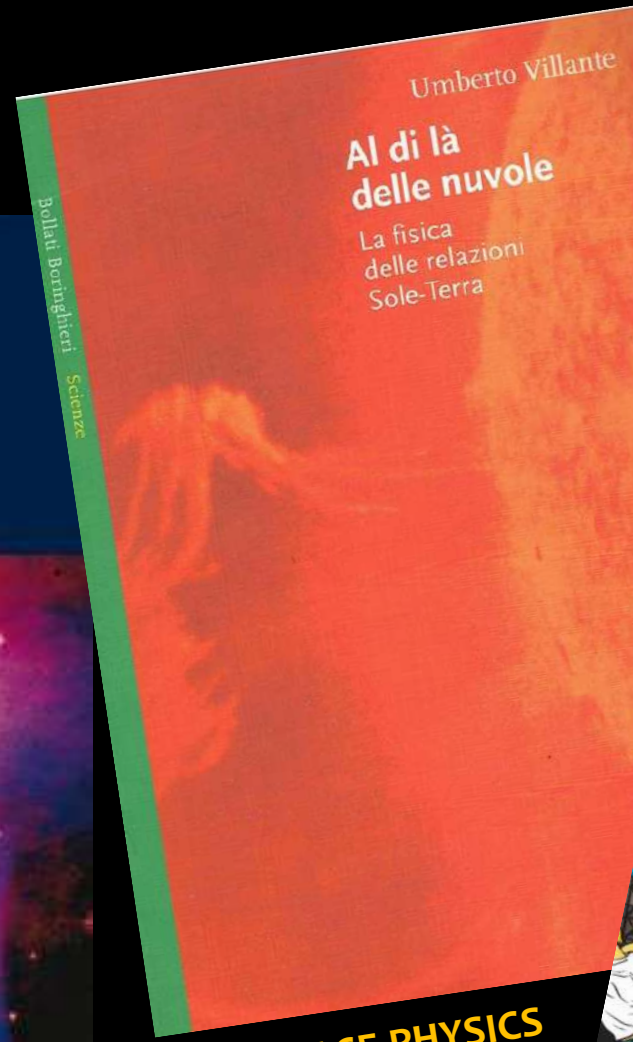
# ALCUNE LETTURE DIVULGATIVE



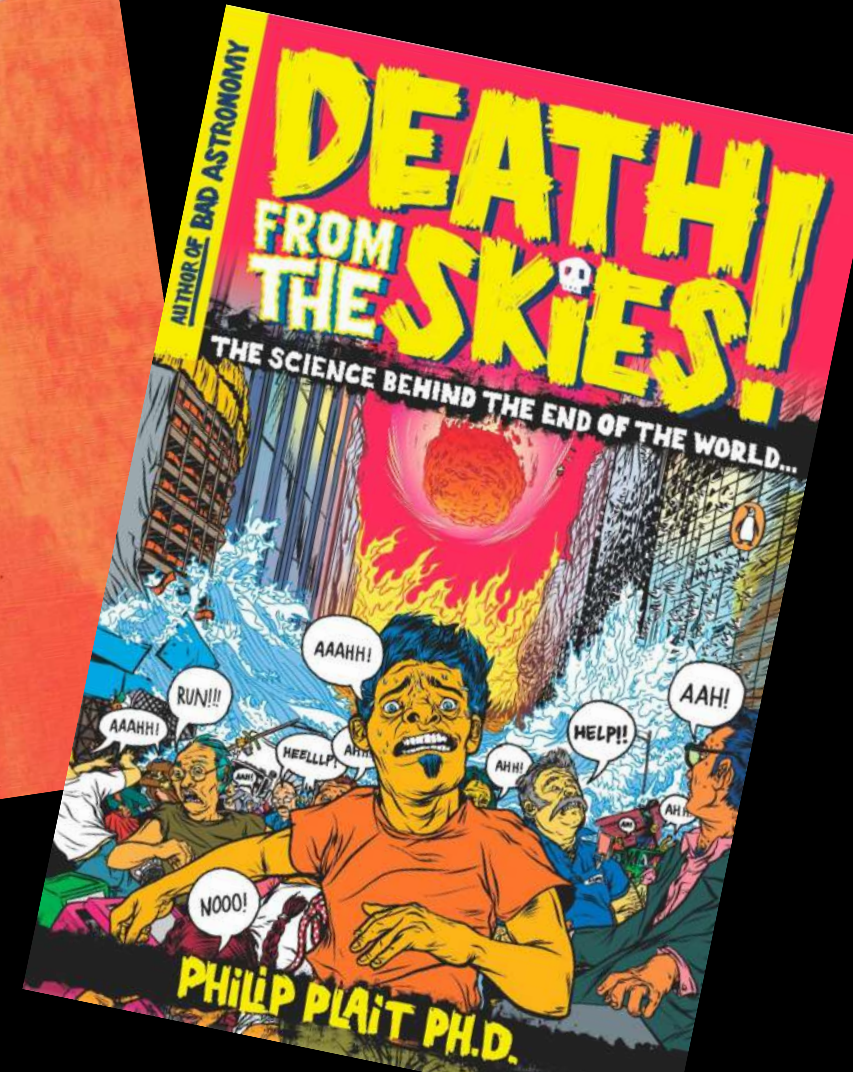
**COSMOLOGIA E  
ASTROPARTICELLE**



**RAGGI COSMICI**



**SPACE PHYSICS**



**PHILIP PLAÏT PH.D.**

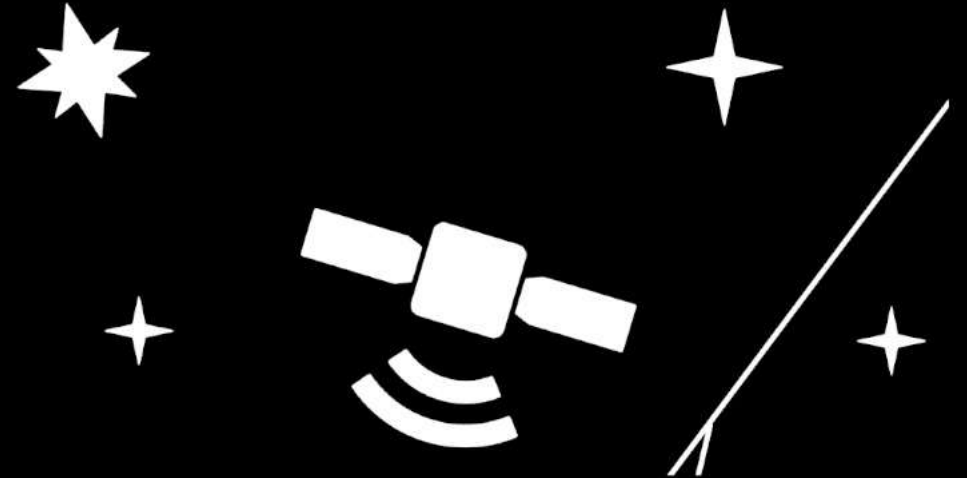
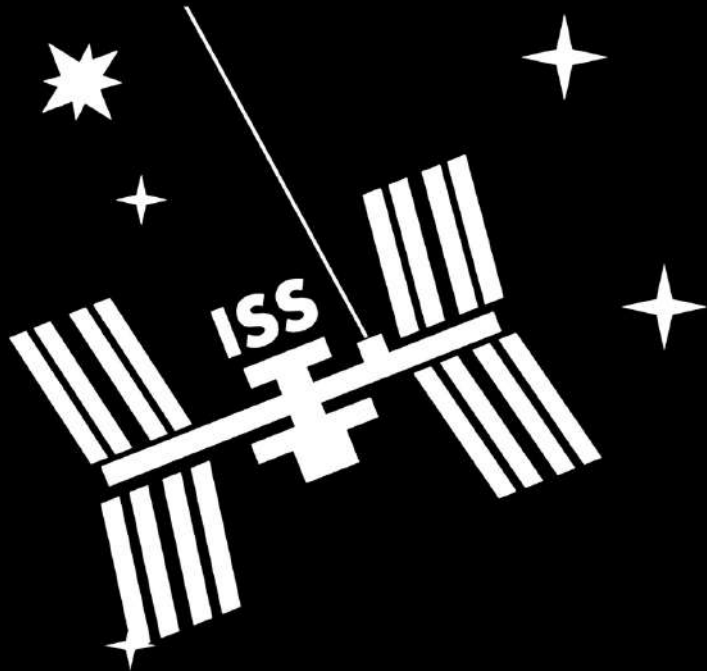
# UN PO' DI DOMANDE SUI RAGGI COSMICI

Cosa sono? Dove originano?

Come si propagano, come interagiscono?

Da dove viene l'antimateria? Come viene prodotta?

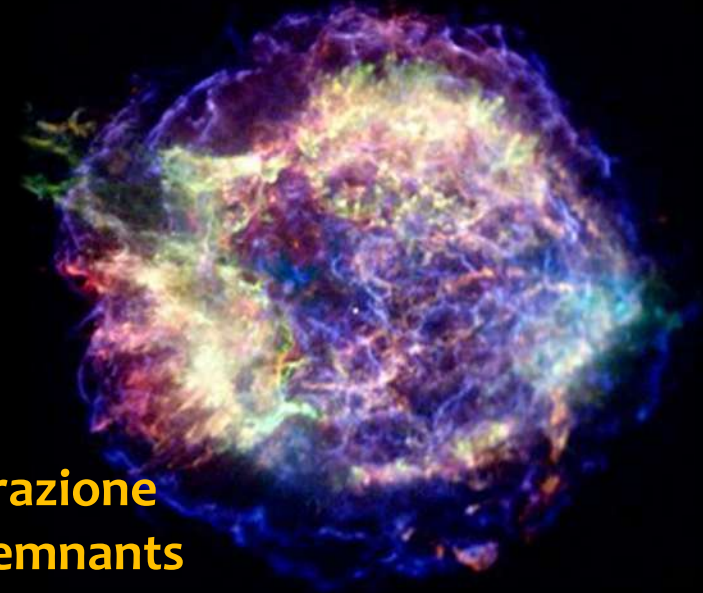
Qual è la natura della materia oscura?



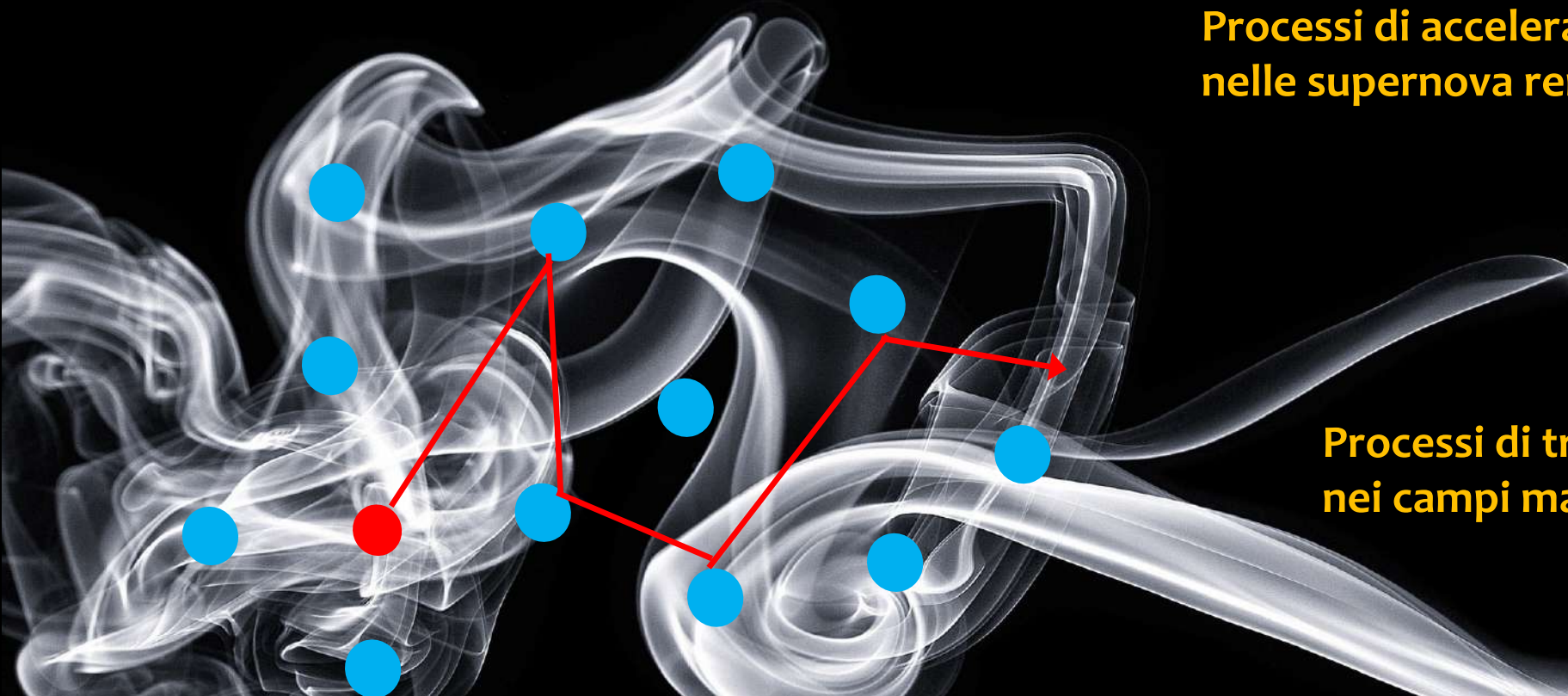
# RAGGI COSMICI NELLA GALASSIA

Dove originano?

Come si propagano, come interagiscono?



Processi di accelerazione  
nelle supernova remnants



Processi di trasporto diffusivo  
nei campi magnetici galattici

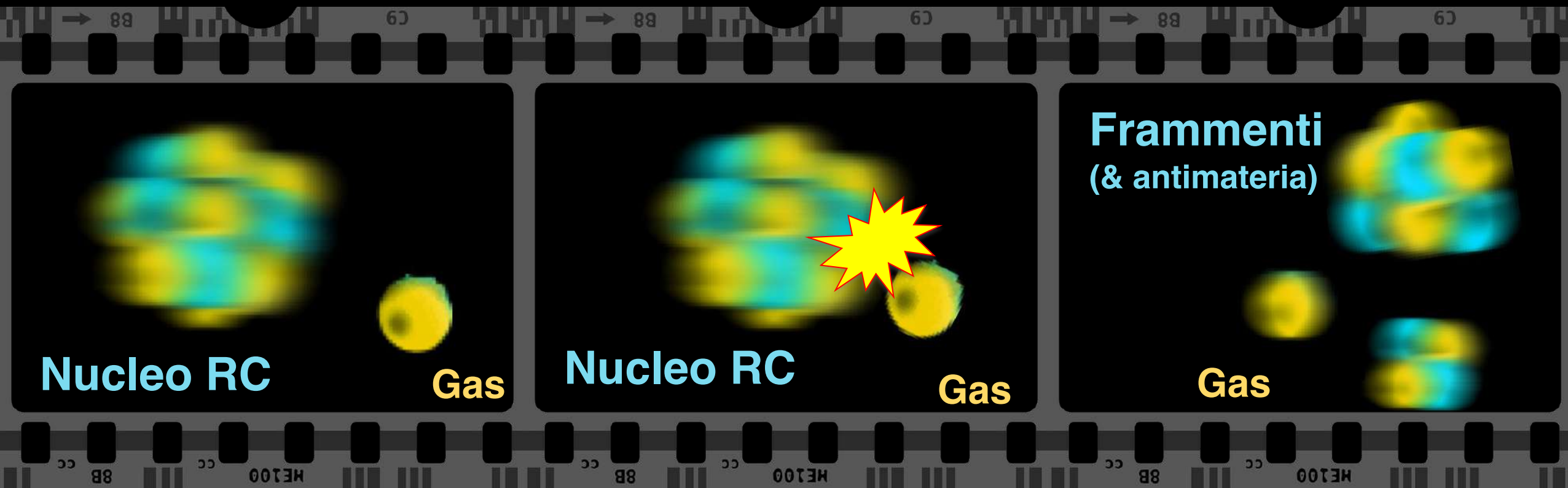
# RAGGI COSMICI NELLA GALASSIA

Dove originano?

Come si propagano, come interagiscono?

Da dove viene l'antimateria? Come viene prodotta?

**Collisioni nucleari tra raggi cosmici e gas interstellare >> produzione elementi rari e antimateria**



# TRACCE DI MATERIA OSCURA NEI RAGGI COSMICI

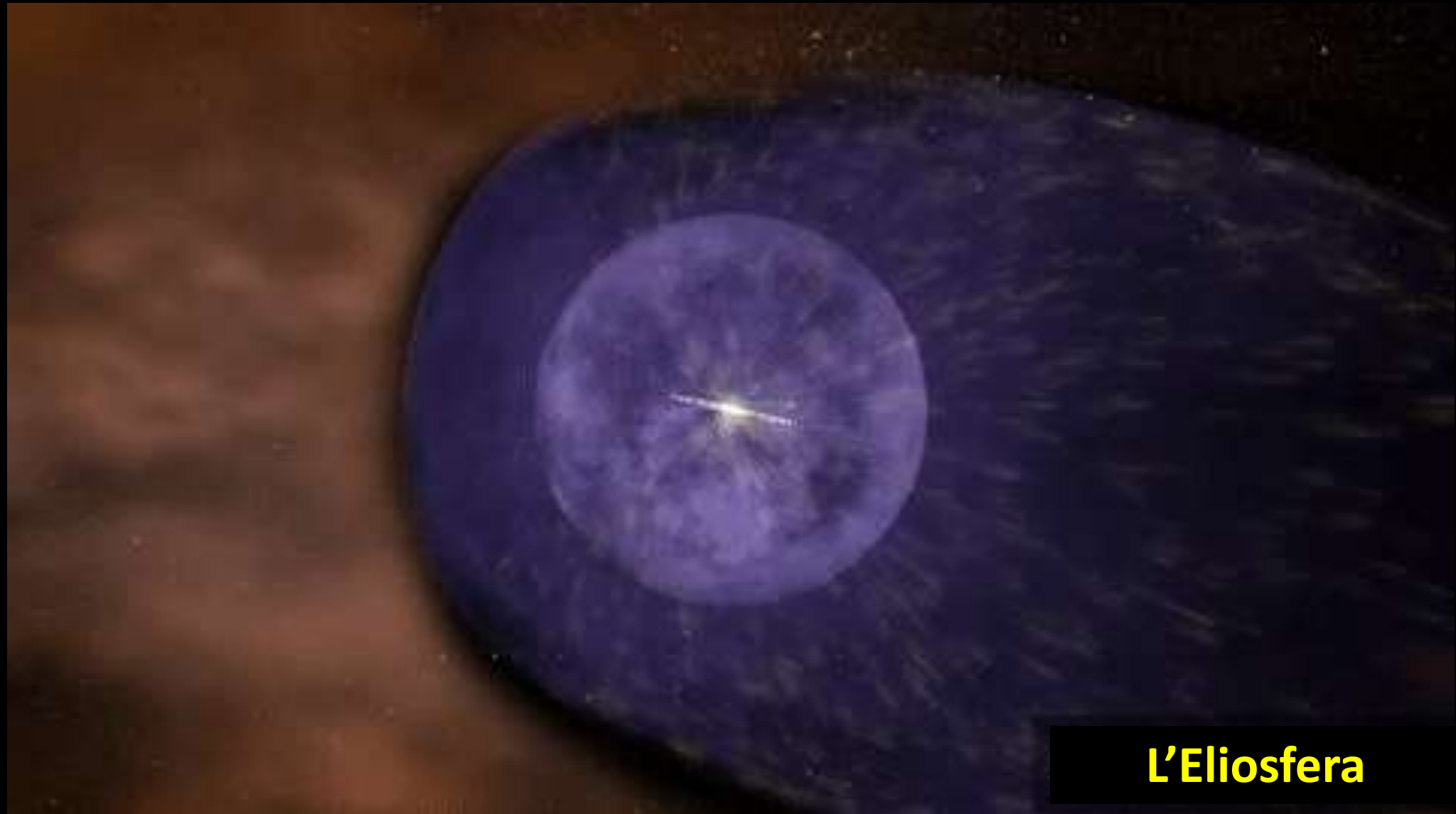


Dark halo

$$\chi + \chi \longrightarrow (\dots) \longrightarrow e^{\pm}, \bar{p}, \bar{d}, \overline{He}$$



# RAGGI COSMICI NEL'ELIOSFERA

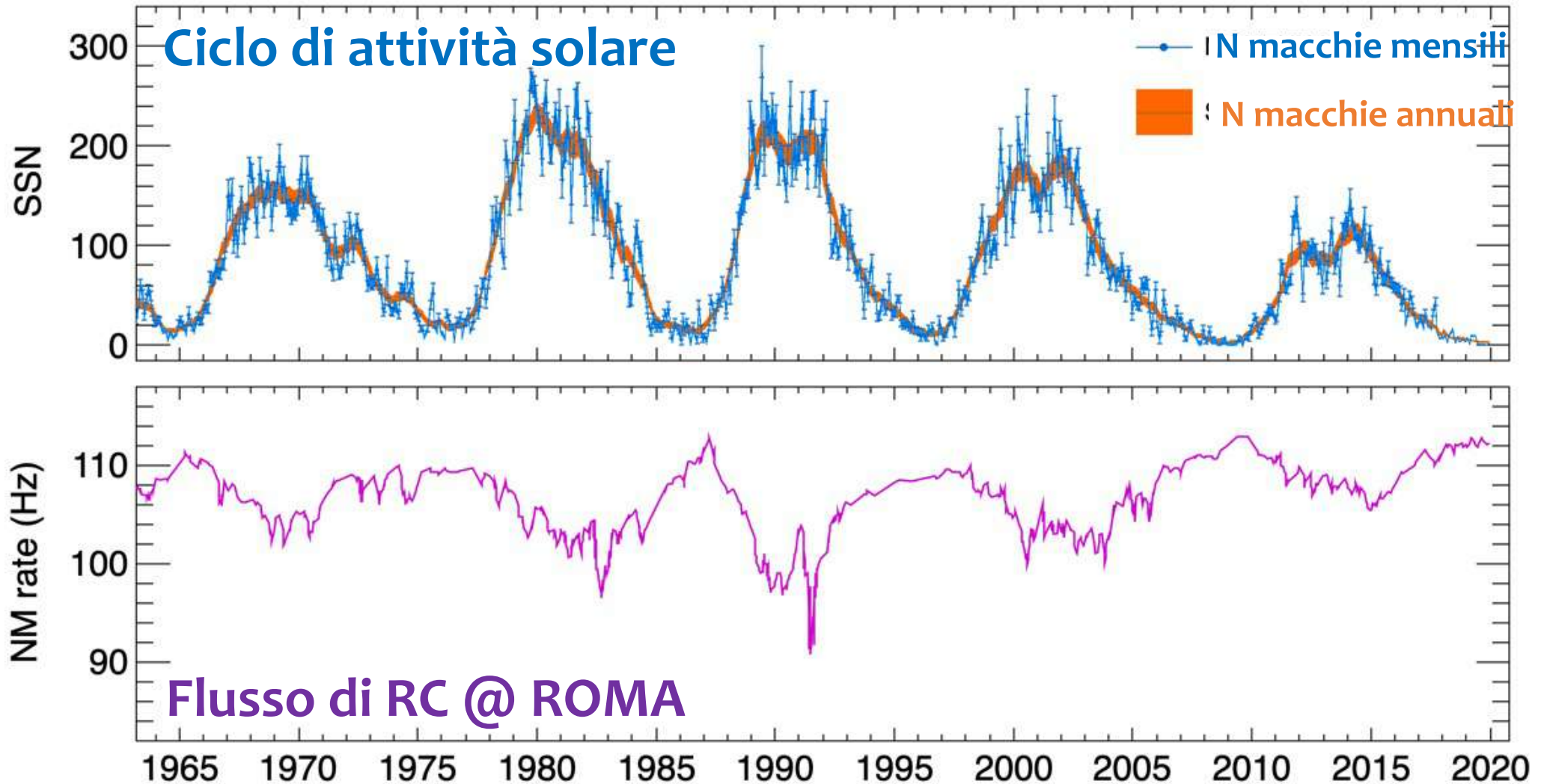


**L'Eliosfera**

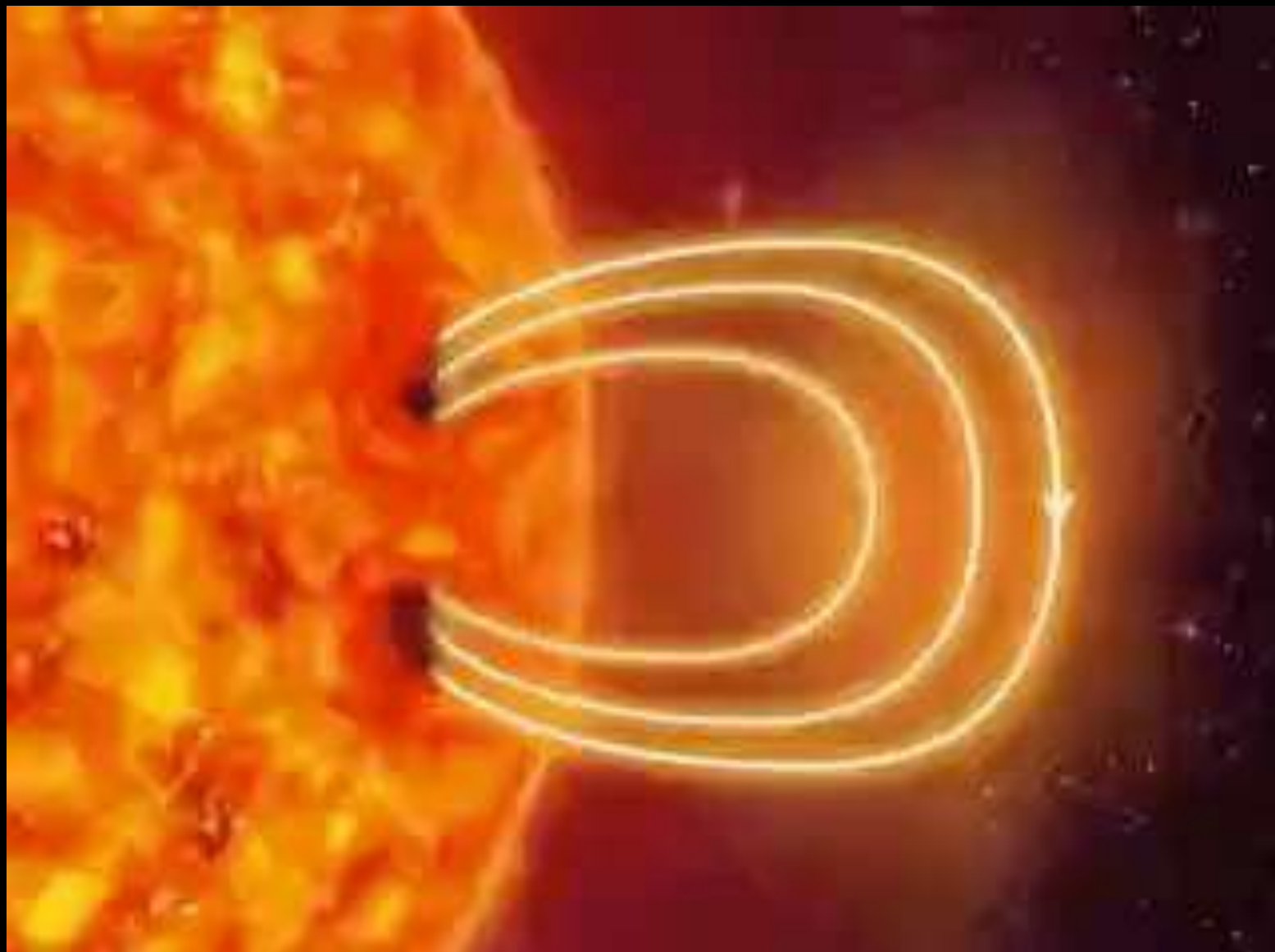
Le nostre simulazioni stocastiche: *Fiandrini et al, PRD 2021* [[2010.08649](#)]

# RAGGI COSMICI E ATTIVITA' SOLARE

A causa dell'attività solare, il flusso di raggi cosmici varia nel tempo



# EVENTI SOLARI, RAGGI COSMICI, GEOSPAZIO



# MISURE DI RAGGI COSMICI

**Esperimento AMS-02 sulla Stazione Spaziale Internazionale, in presa dati dal 2011 a oggi.**

*AMS International Collaboration:  
15 paesi, 60 istituzioni, 500 fisici*

- Studio dell'ambiente di radiazione nell'orbita della ISS e ricerca di eventi solari energetici con i dati di AMS-02.
- Misure di variazioni nel tempo dei flussi di particelle e antiparticelle (protoni, nuclei, rapporti  $e^+/e^-$ ,  $\bar{p}/p$ )

**con F. Faldi, M. Graziani, M. Orcinha (UniPG),  
G. Ambrosi, F. Donnini, M. Duranti (INFN).**

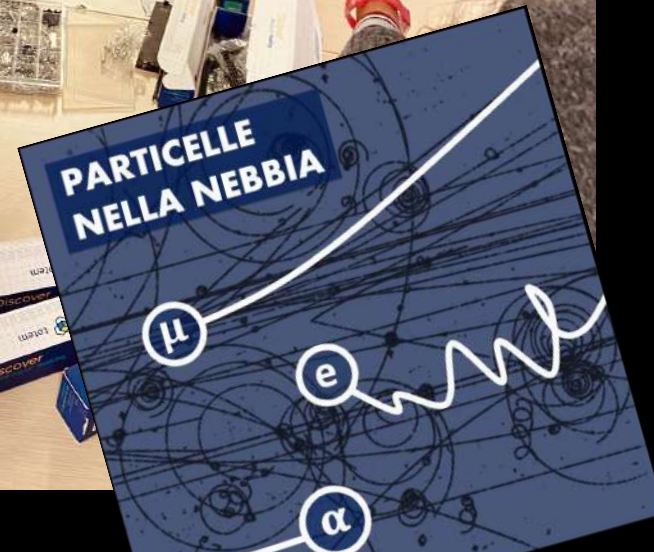


**L'esperimento AMS-02 sulla  
Stazione Spaziale Internazionale,  
in presa dati continua dal 2011 a oggi.**

# MISURE DI RAGGI COSMICI NELLE SCUOLE

International Cosmic Day, Lab2Go,  
Sharper, La Fisica incontra le scuole

Outreach @ Particle Astrophysics Group PG:  
G. Ambrosi, F. Donnini, M. Duranti, L. Tosti (INFN) B. Bertucci, C.  
Brugnoni, F. Faldi, M. Graziani, D. Pelosi, N. Tomassetti (UniPG)



# RAGGI COSMICI IN TEMPO REALE: IL PROGETTO HVO

## Il progetto Heliophysics Virtual Observatory (Tesi Laurea D. Pelosi, 2020)

HVO è un prototipo di portale per il Monitoraggio real-time di radiazione carica e attività solare

<https://crisp.unipg.it/hvo>

### Il portale HVO

- Raccoglie e organizza dati di attività solare e radiazione carica.
- Archivia 50 anni di dati e si aggiorna automaticamente ogni 24h.
- Implementa un modello di calcolo real-time del flusso di protoni

Presentazione a conferenza internazionale ICRC 2021

Pubblicazione D. Pelosi et al. Nuovo Cim. C 44, 97 (2021)

[<https://arxiv.org/abs/2101.09366>]

[ <http://hvo.fisgeo.unipg.it> ]



# RICERCA E METODOLOGIA

## Teoria e modelli dei processi fisici:

- Studio del problema e della letteratura recente
- Calcoli analitici, codici numerici o simulazioni (es. C/C++)

## Analisi dati e tecniche statistiche, simulazioni:

- Per testare i modelli, verificare predizioni, determinare i parametri
- Per ottenere misure di raggi cosmici partendo dai dati raw degli esperimenti

## Connessione con vari campi dell'astrofisica, cosmologia, fisica subnucleare

## Collaborazione con gruppi, o progetti, esperimenti:

- Collaborazioni internazionali AMS-02, PAN
- Collaborazioni con LIP-Lisbon, INFN, ASI
- Programma CRISP / Accordo ASI-UniPG
- Progetto CAESAR per space weather
- SUPER-C Dip di Eccellenza



**CRISP**  
ASI-UniPG 2019-2-HH.0

# TESI LAUREA TRIENNALE

## ASTROPARTICELLE, RAGGI COSMICI E ALTA ENERGIA

- ❑ Sorgenti di antimateria nella galassia (materia oscura, supernove, pulsar, collisioni)
- ❑ Processi astrofisici di alta energia (accelerazione di particelle, scattering, emissioni)

## FISICA SPAZIALE, ELIOFISICA e RELAZIONI SOLE-TERRA

- ❑ Raggi cosmici nello spazio interplanetario e relazioni con l'attività solare
- ❑ Radiazione nello spazio, radioprotezione e shielding
- ❑ Fenomeni geospaziali (es. fasce di Van Allen, anomalia sud-atlantica, aurore)

## ARGOMENTI INTERDISCIPLINARI

- ❑ Astrobiologia, climatologia, planetologia, astrodinamica...

### ATTIVITA DA COMPIERE

- Studiare a fondo il problema
- Fare calcoli, realizzare grafici
- Partecipare eventi di outreach

### (PRE)REQUISITI:

- Entusiasmo, tenacia, LaTeX



# TESI LAUREA MAGISTRALE

## FENOMENOLOGIA DEI RAGGI COSMICI DI **ALTA ENERGIA**

- ❑ Produzione di antinuclei nei raggi cosmici e ricerca di materia oscura
- ❑ Produzione, accelerazione, propagazione di nuclei nella Via Lattea

## FENOMENOLOGIA RAGGI COSMICI NELL'ELIOSFERA & **FISICA SPAZIALE**

- ❑ Il trasporto di particelle di antimateria nell'eliosfera
- ❑ Valutazione dosi di radiazione in missioni spaziali

## ANALISI DATI E MISURE IN AMBITO **SPACE WEATHER**

- ❑ Misure di variabilità di raggi cosmici con esperimento AMS-02 nello spazio
- ❑ Analisi multicanale della relazione tra raggi cosmici e attività solare



Bruna  
Bertucci  
@unipg.it



Emanuele  
Fiandrini  
@unipg.it



Nicola  
Tomassetti  
@unipg.it

+ Collaborazioni exp AMS, PAN, Aladino @ UniPG/INFN  
+ Collaborazioni con ASI, varie sezioni INFN, istituti esteri



# SPACE RESEARCH

UNIVERSITY OF PERUGIA



unipg  
UNIVERSITÀ PERUGIA  
UNIVERSITY OF PERUGIA

[https://youtu.be/17kl2\\_aax80](https://youtu.be/17kl2_aax80)