



Agenzia
Spaziale
Italiana

**Workshop ASI «Tematiche e obiettivi per futuri
programmi scientifici spaziali»
20-22 aprile 2022**

**Sessione 4: Fisica Fondamentale, Cosmologia, Onde
Gravitazionali, Astroparticelle**

Elisabetta Tommasi, Fulvio De Persio, Valerio Vagelli

Cosmologia

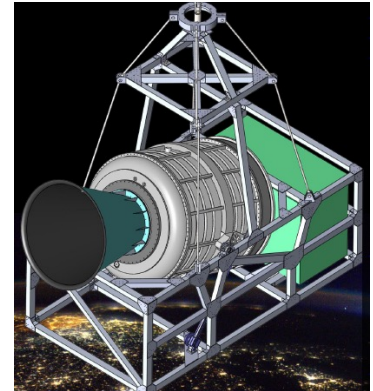
Polarizzazione del fondo cosmico a microonde (Nicola Vittorio / Paolo Natoli)

- rivelazione dei modi B della polarizzazione, informazioni sulle onde gravitazionali primordiali
- misure di polarizzazione da Planck (modi E)
- missione LiteBIRD (classe M/L) approvata da JAXA, fase A in corso, strumento europeo con importante contributo italiano
- pathfinder per lo strumento europeo: esperimento su pallone stratosferico LSPE/SWIPE, in corso di realizzazione, leadership italiana)



Distorsioni spettrali del fondo cosmico a microonde (Paolo de Bernardis)

- informazioni su fenomeni pre e post ricombinazione, altrimenti non osservabili (es.: test modelli di inflazione, generazione della materia oscura)
- al momento disponibili solo upper limit (COBE-FIRAS)
- segnale garantito e quantificabile (per alcuni fenomeni)
- approccio proposto:
 - pathfinder a terra (COSMO, in fase di realizzazione),
 - dimostratore necessario su pallone stratosferico (COSMOBalloon, in studio, lancio possibile 2027/2028, leadership italiana)
 - missione spaziale classe L in ambito ESA Voyage 2050

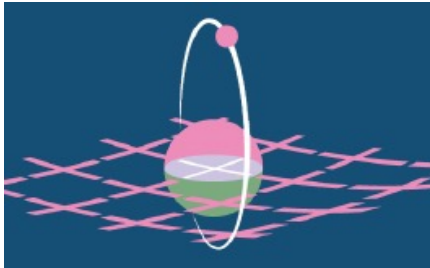


Onde Gravitazionali e Geodesia (I)



LISA: Laser Interferometer Space Antenna (W.Weber UniTN)

- Possibili miglioramenti tecnologici per un “post LISA”
- Applicazione delle Tecnologie di LISA alla Geodesia per una futura missione in partenariato (Italia Leader nei GRS)



METRIC: Measurement of EnviromenTal and Relativistic In-orbit ProCession (R. Peron INAF-IAPS)

- Studio della densità atmosferica
- Fisica Fondamentale : Studio delle teorie gravitazionali in campi deboli
- Geodesia



ASTROGRAWANT: ASTROmetric GRAvitational Wave ANTenna (MC. Crosta/M. Lattanzi INAF-OAT)

- Studio delle onde gravitazionali utilizzando la banda del visibile (stele fisse)

Onde Gravitazionali e Geodesia (II)

Rilievo Nazionale / Internazionale della Tematica:

- Lo studio delle Onde Gravitazionali è un punto focale della comunità scientifica nazionale e internazionale
- Gli studi di Geodesia sono un argomento di forte interesse
- In entrambi i campi la comunità scientifica italiana è molto attiva e il suo ruolo guida è riconosciuto a livello internazionale

Livello di Maturità/Heritage delle missioni proposte:

- LISA per Geodesia -> LISA -> LFP
- ASTROGRAWANT -> Hipparcos / GAIA per i sensori / EUCLID
- METRIC -> accelerometri ISA da BepiColombo / HSA da JUICE

Scala della Missione:

- METRIC: 1 solo spacecraft, realizzabile in autonomia dall'Italia
- ASTROGRAWANT: costellazione da 3 minisat, realizzabile in maniera autonoma dall'Italia
- LISA: L ESA, LISA per Geodesia necessità di un partenariato europeo con l'Italia in ruolo Leader

Obiettivi e tematiche scientifiche - Astroparticle

Principali tematiche

Origine, accelerazione e propagazione dei raggi cosmici

Ricerca indiretta di Materia Oscura

Asimmetria materia / antimateria

Space Weather, sistema Terra



Principali osservabili

Misura diretta di raggi cosmici fino al PeV

Misura diretta di antimateria leggera (e⁺, p-bar) al TeV

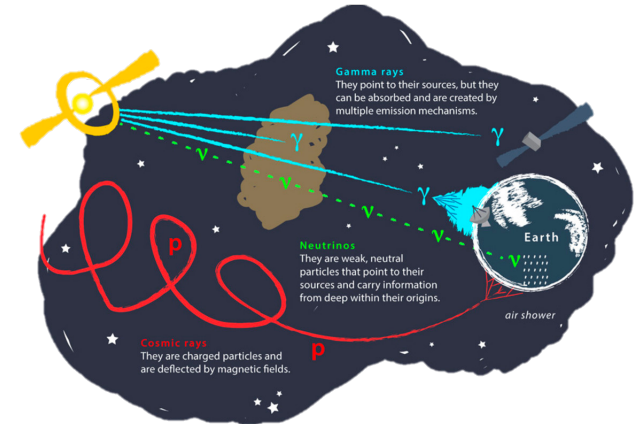
Misura diretta di antimateria pesante (D-bar, He-bar) al GeV

Misura indiretta di sciami estesi dallo spazio

Misura indiretta di neutrini dallo spazio

Misura delle dipendenze temporali dei CR di bassa energia

Misura di MeV γ -rays



Rilievo internazionale della tematica - Astroparticle

Principali tematiche

Origine, accelerazione e propagazione

Ricerca indiretta di Materia Oscura

Asimmetria materia / antimateria

Space Weather, mezzo circumterrestre

High Energy Frontier

Composition Frontier

Anti-Matter Frontier



Principali osservabili

Misura diretta di raggi cosmici fino al PeV

Misura diretta di antimateria leggera (e^+ , p , $\bar{p}$) all'ALFA

Misura diretta di antimateria pesante ($\bar{D}$, $\bar{He}$) al GEM

Misura indiretta di sciame estesi dallo spazio

Misura indiretta di neutrini dallo spazio

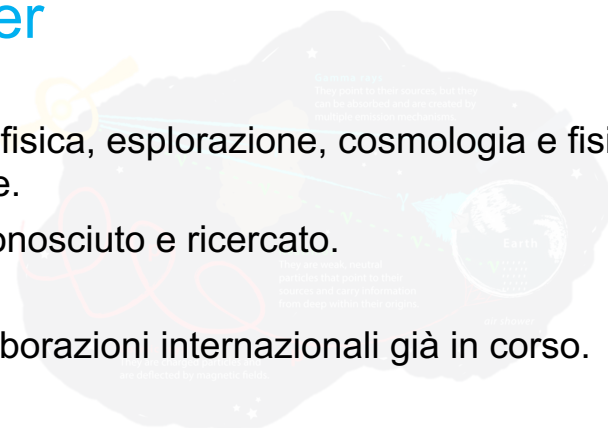
Misura delle dipendenze temporali dei CR di bassa energia

Misura di MeV γ -rays

Sinergia con le ricerche di frontiera della comunità scientifica di astrofisica, esplorazione, cosmologia e fisica fondamentale / particellare.

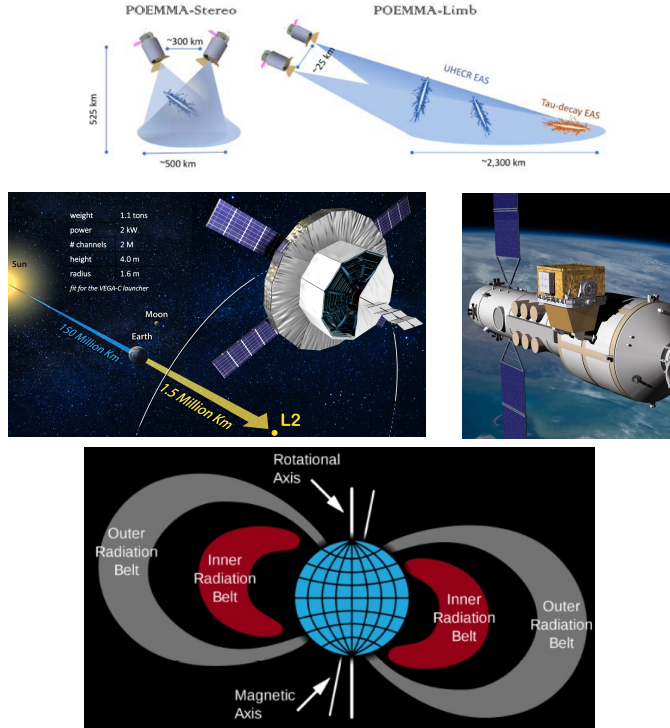
Il ruolo della **comunità italiana** è consolidato, riconosciuto e ricercato.

Tutte le proposte da gruppi italiani numerosi e con attività di collaborazioni internazionali già in corso.



Proposte di missioni – Astroparticle

3 principali concetti driver di missioni



Osservatori spaziali per la misura indiretta di sciami estesi (fluorescenza) e neutrini tau (Cherenkov, via Earth skim)

- **NUSES-TERZINA** (I. De Mitri, GSSI e INFN), **EUSO-WATT** (M. Casolino, INFN)

Spettrometro magnetico HTS per misura di antimateria pesante

- **ALADInO-LAMP** (R. Iuppa, UniTN e INFN)

Missione calorimetrica per misura di $e^{\pm}$ al TeV e CR fino al PeV

- **HERD** (G. Ambrosi, INFN)

Misura di low-energy CR per lo studio dell'ambiente circumterrestre e Space weather

- **NUSES-ZIRE'** (I. De Mitri, GSSI e INFN)

Proposte di nuovi approcci sperimentali e tecniche di misura

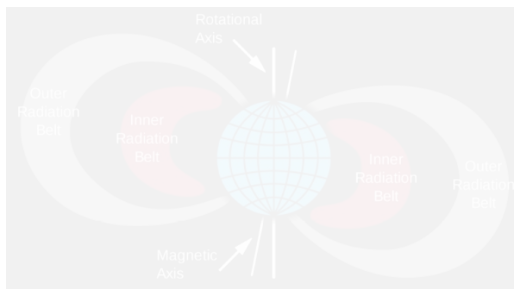
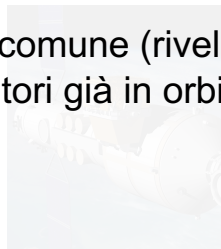
- **SLA μ strip LGAD** (M. Duranti, INFN)

Proposte di missioni – Astroparticle

3 principali concetti driver di missioni

Raggiungimento degli obiettivi scientifici richiede steps di validazione tecnologica e pathfinders che possono essere implementati nella forma di missioni di piccola taglia a leadership nazionale

Molte tecnologie sono in comune (rivelatori a silicio, LYSO crystals, SIPM, ...), e consolidate dalle operazioni con rivelatori già in orbita (alto TRL) o in fase di sviluppo per applicazioni spaziali.



Osservatori spaziali per la misura indiretta di sciame estesi

Missione calorimetrica per misura di $e^{\pm}$ al TeV e CR fino al PeV

- HERD (G. Ambrosi, INFN)

Misura di low-energy CR per lo studio dell'ambiente circumterrestre e Space weather

- NUSES-ZIRE' (I. De Mitri, GSSI e INFN)

Proposte di nuovi approcci sperimentali e tecniche di misura

- μ strip LGAD (M. Duranti, INFN)

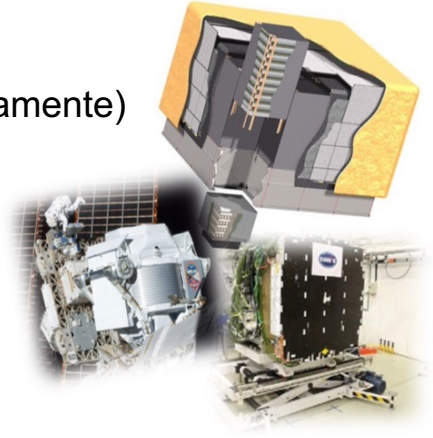
Heritage nazionale - Astroparticle

Know-how consolidato in **Università, INFN, INAF, ASI e industrie** nello sviluppo, operazioni e partecipazione a missioni per la misura di g-rays e CR nello spazio (e.g., AGILE, Fermi-LAT, PAMELA, AMS-02, DAMPE, Mini-EUSO, EUSO-SPBx, HEPD-x...)

Eccellenze internazionali nello sviluppo di strumentazione, quali (ma non limitatamente)

- **calorimetri** ad alta accettazione e dual readout (e.g., CaloCube, HERD)
- rivelatori **Si- μ strip** (e.g., AMS-01, AMS-02, DAMPE)
- rivelatori **SiPM**
- elettronica di lettura **fast** e **alto range dinamico** di rivelatori al silicio
- magneti **superconduttori a alta temperatura** (HDMS)
- ...

Leading roles nei team scientifici di tutte le principali missioni astroparticle in **sviluppo ed operazioni di strumenti**, anche per sottosistemi in rivelatori complessi, e **sfruttamento scientifico dei dati**



Stato dell'arte / avanzamento TRL - Astroparticle

Tecnologie emergenti a TRL da 2 a 5/6 (e.g. **SiPM**, **LGAD μ strip**, **MAPS**, **magneti HTS**, ...) possono aprire nuove opportunità di misura per effettuare un "**salto quantico**" di qualità nelle misure. Per molte di queste, il passaggio da un pathfinder (pallone, cubesat, ...) è necessario per il raggiungimento del TRL 8/9.

Ridimensionamento/refurbishment tecnologico di missioni ad alto TRL 8/9 possono essere di interesse per obiettivi scientifici in sinergia con altre tematiche (e.g., Space Weather, γ /X astrophysics, radiation monitor piggy-bags, Earth magnetosphere ...)

Stato dell'arte / avanzamento TRL - Astroparticle

G. Ambrosi

HERD mechanical proto

AMS-02

1 mt long !

DAMPE

CSES

G. Ambrosi

joint effort IHEP – INFN:
3 layers, 27 crystals, equipped

M. Casolino

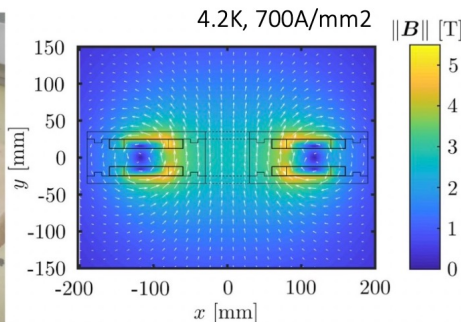
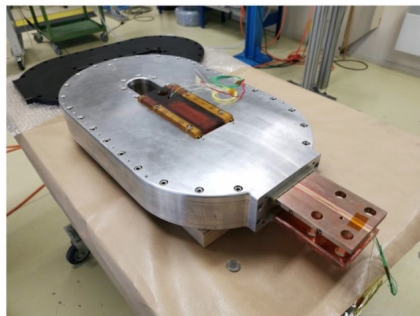
SiPM Array

Main Focal Surface
(2304 pixel)

SiPM UV UV

Stato dell'arte / avanzamento TRL - Astroparticle

R. Iuppa



Demonstrator coil constructed within the HDMS project, funded by **ASI and CERN**. Innovative **self-protection** concept against quenching. It is built with metal-insulated cable, to allow current sharing between winding turns. Metal insulation technique makes the winding self-protected, a key feature in a space environment. Metal-Insulation also enhances the turn-turn thermal conductivity, favoring the cooling of the magnets, so that cryocoolers of a few W at 10-20 K are sufficient to guarantee safe operation.

M. Duranti



...**"brought"** to space

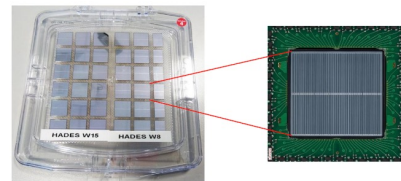
- timing (→ tracker 5D!): will be for sure ground-breaking
- reducing the material budget, without losing S/N: important for magnetic spectrometry and potentially ground-breaking for other applications (fe.g. low energy, 10-100 MeV, gamma-rays, see later)
- increasing the S/N, without increasing the material budget: helpful for the Front End electronics and to keep the power budget under control

✓ low risk: LGAD technology is "ready" for ground experiments (e.g. LHC, HADES)

✓ high gain: porting to space will be ground-breaking

→ some of the space requirements (low power consumption, robustness, ...) as well as the low material budget are significant also to other applications (i.e. medical)

Innovation from LGAD



from: W. Krueger, 2022: LGAD technology for HADES, accelerator and medical applications, <https://indico.cern.ch/event/1044975/sessions/427828/#20220221> talk at the Vienna Conference of Instrumentation (VCI) 2022.

Ricadute scientifiche e tecnologiche - Astroparticle

Innalzamento del TRL può portare benefici al sistema paese, coinvolgendo il sistema industriale nel consolidamento di una "filiera nazionale" in riferimenti internazionali.

Per mantenere attivo il ruolo dell'industria italiana nello sviluppo e produzione di tecnologie, è necessario mantenere attiva la filiera supportando gli sviluppi e produzione in house di nuove tecnologie.

Tecnologie candidate possono essere (non limitatamente): SiPM, μ strip LGAD, magneti HTS, ...

Su queste tecnologie, potrebbe essere opportuno investire per migliorare/affermare la leadership internazionale nello sviluppo, produzione e distribuzione, portando per primi la tecnologia nello spazio anche con piattaforme non satellitari, con evidenti ricadute per gli stakeholder nazionali.