Funded by the Horizon 2020 Framework Programme of the European Union

Scheda: ITPAYLOAD-0

Sviluppo payload Italiani per infrastruttura europea HEMERA

Sinergie INAF-ASI-EU per la ricerca spaziale internazionale: ITPAYLOAD (PI - L. Natalucci) e HEMERA (PI – M.T. Fiocchi)

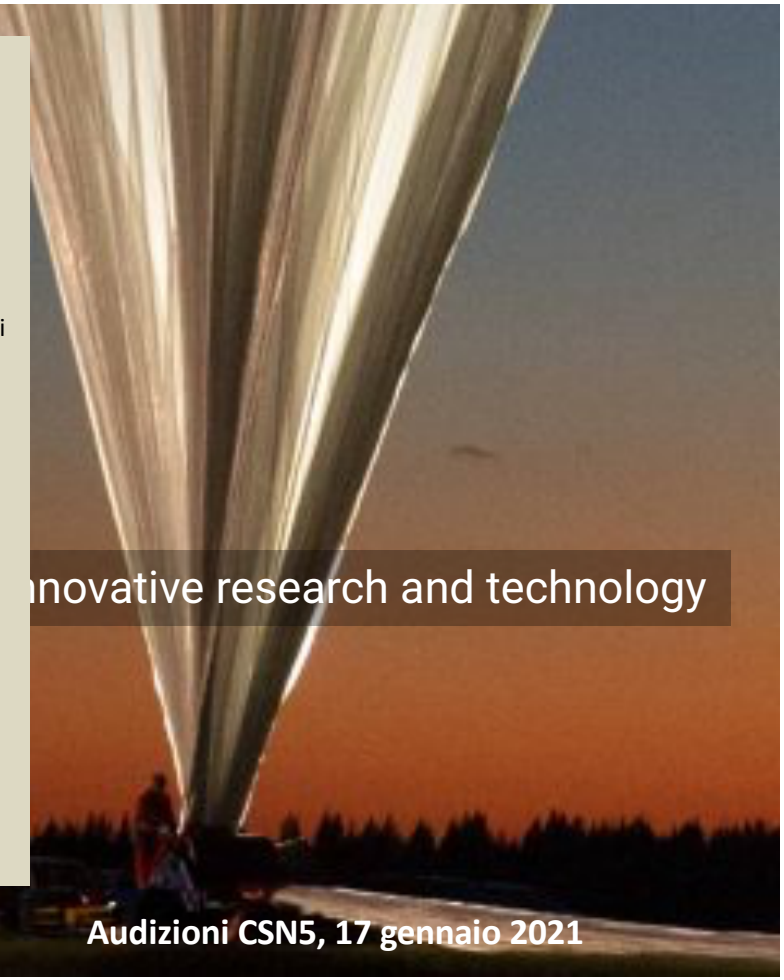
L. Natalucci, presenta: P. Ubertini

Audizioni al CSN5, 17 gennaio 2021

https://www.hemera-h2020.eu
HEMERA H2020
Integrated access to balloon-borne platforms for innovative research and technology

Sinergie INAF-ASI-EU per la ricerca spaziale internazionale: ITPAYLOAD (PI - L. Natalucci) e HEMERA (PI – M.T. Fiocchi)

- Da tempo INAF è coinvolto ad alto livello nei programmi scientifici e tecnologici finanziati dal programma Horizon 2020.
- Tra quelli dedicati alle osservazioni dallo spazio a cui partecipa IAPS e' attivo da gennaio 2018 il progetto HEMERA, infrastruttura europea che ha lo scopo di supportare la comunità scientifica nei campi dell'astronomia, dell'aeronomia e dello sviluppo di nuove tecnologie spaziali, offrendo la possibilità di voli di strumentazione a quote stratosferiche.
- Il consorzio include 13 partners, tra cui ASI e INAF, ed è formato da agenzie spaziali, aziende che realizzano palloni stratosferici, istituti di ricerca e università.
- Il gruppo INAF/IAPS fornisce **l'infrastruttura di comunicazione sia interna che esterna, sviluppa un sensore innovativo dedicato alle misure di fondo atmosferico e raggi cosmici nella banda soft-gamma e implementa il database delle sorgenti di raggi gamma osservate con il satellite INTEGRAL a disposizione in tempo reale per gli esperimenti astrofisici selezionati da HEMERA.**
- Il programma HEMERA terminera' nel 2022 e viste le numerose richieste di voli il consorzio sta lavorando per rispondere alla call HORIZON-Europe prevista per l'inizio del 2023 per proseguire l'attività.
- Vari payload italiani hanno risposto alle call di HEMERA per le campagne di lancio previste dal 2019 al 2022 e alcuni sono stati selezionati da un 'Peer Review Committee' internazionale.
- I gruppi selezionati dell'INAF, CNR, INGV, e UniRoma1 si sono costituiti in un consorzio le cui attività vengono supportate da ASI/INAF con un Accordo attuativo stipulato nel dicembre 201.



Obiettivi

- HEMERA prevede il finanziamento delle campagne di volo dei team selezionati a valle di due AO pubblicati nel 2018 e 2019, ma non dei payload.
  E' anche previsto lo sviluppo di sensori ausiliari da imbarcare sulle piattaforma di volo. L'IAPS fornisce un sensore di raggi gamma molto compatto:
  - **GRASS** – Gamma-ray astronomy small sensor per la misura del fondo di radiazione atmosferica in funzione dell'altitudine, della posizione geografica e rigidità di cutoff. PI: Lorenzo Natalucci **(INAF/IAPS)**

- Sono stati inoltre selezionati **6 payload** che ASI ha previsto di supportare con un accordo di circa **600 kEu in 3 anni** in vista delle campagne di voli previste per l'estate 2020, ora posticipata al 2021 a causa dell'emergenza sanitaria Covid e del 2022::

  - **DUSTER**– raccolta di particelle solide di aerosol in stratosfera per il campionamento di polveri di origine extraterrestre. PI: Vincenzo della Corte **(INAF/IAPS)**

  - **CorMag** – osservazioni da pallone della corona solare per studi di Space Weather. PI: Silvano Fineschi **(INAF/OATO)**

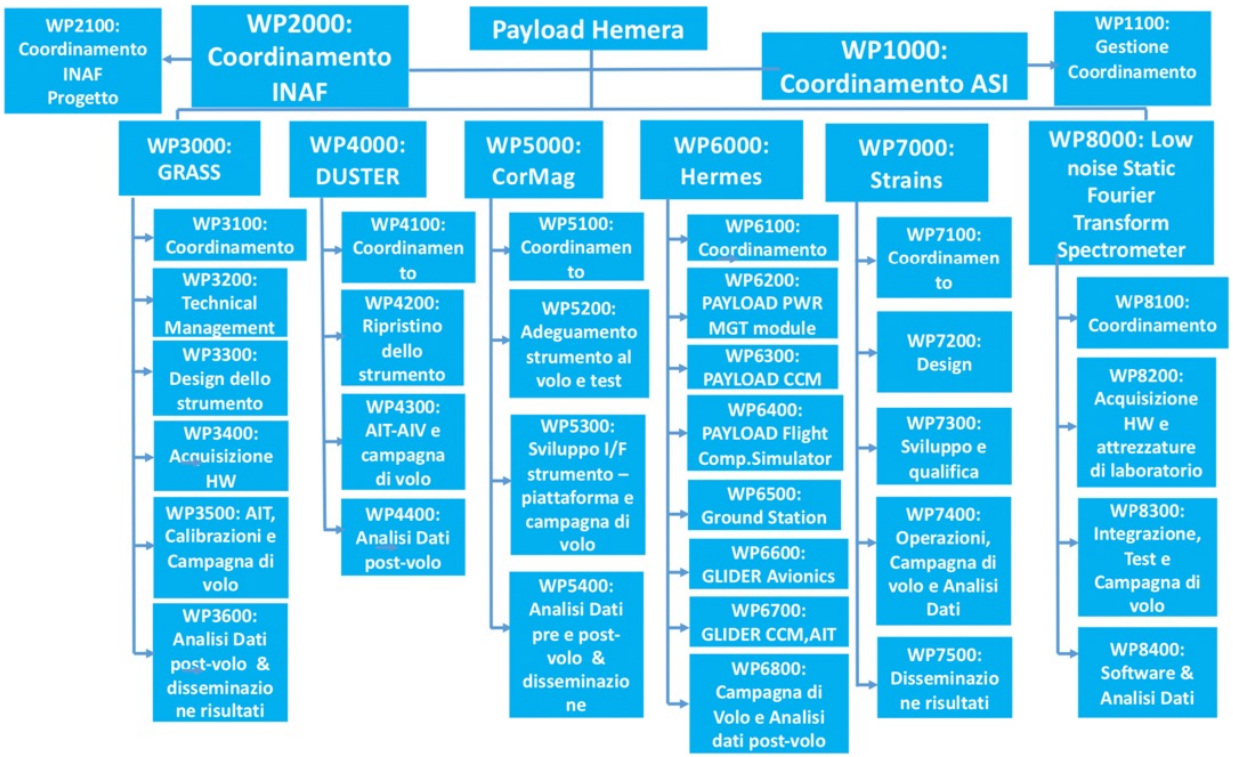
  - **HERMES** (HEmera Returning MESsenger) - piccolo aliante rilasciabile da un pallone stratosferico per il recupero di dati e/o campioni. PI: Alessandro Iarocci **(INGV)**

  - **STRAINS** (Stratospheric TRAcking INnovative Systems) - studio di tecniche TDOA/FDOA (Time/frequency Difference of Arrival) per il tracciamento a lunga distanza di veicoli stratosferici. PI: Santoni Fabio, (La Sapienza/DIAAE).

  - **Low noise Static Fourier Transform Spectrometer**. Spettrometro statico a trasformata di Fourier con alto SNR nelle bande del visibile e dell'infrarosso. PI: Fabio Frassetto **(CNR)**.

  - **BAD3GR** - dimostratore di laboratorio di un imager spettroscopico 3D con elementi semiconduttori (CZT) di elevato spessore. PI: Stefano Del Sordo **(IASF-PA),** che e' previsto volare nel 2022.

Organizzazione generale - WBS



- Nel progetto ITPAYLOAD ciascun team strumentale lavora nell'ambito di un WP principale. I payload di competenza INAF sono identificati nei WP3000 (GRASS: IAPS), WP4000(DUSTER: IAPS), WP5000 (CorMAG: OATO).
- Nella nuova WBS, in fase di preparazione in vista dell'addendum al presente accordo ASI/INAF sarà anche presente BAD3GR (IASF-Palermo) come WP9000.

ITPAYLOAD Team

Molte attività cruciali sono svolte da personale INAF afferente alle strutture IAPS, OATO, IASF-PA e OAS. Per i payload, come detto:

Sviluppo strumenti scientifici e payload

Dr. Lorenzo Natalucci (IAPS) è PI degli strumenti GRASS e GRASS-2.
Dr. Vincenzo della Corte (IAPS) è PI dello strumento DUSTER.
Prof. Silvano Fineschi (OATO) è PI dello strumento CorMag.
Dr. Stefano del Sordo (IASF-Palermo e OAS) è PI dello strumento BAD3GR.

Coordinamento e gestione

Il Dr. Lorenzo Natalucci (IAPS) è responsabile scientifico dell' Accordo ASI-INAF 2019-33-HH.0 e coordina le attività del consorzio come interfaccia verso l'ASI.
La D.ssa Angela Volpe è la responsabile ASI dell'Accordo.
Il Dr. Pietro Ubertini (IAPS) in qualità di membro dello Steering Committee di HEMERA fornisce consulenza sulla parte programmatica e partecipa attivamente allo sviluppo dello spettrometro GRASS.
La D.ssa Diana Martella si occupa della rendicontazione dell'intero programma nell'ambito delle attività del Project Office dell'IAPS.

ITPAYLOAD Team

15. TEAM summary(*)

Struttura	Nfte	N0	TI 21	TI 22	TI 23	TD 21	TD 22	TD 23	Nex
IAPS ROMA	5	3	0,90	0,90	0,70	0,00	0,00	0,00	2
O.A. TORINO	8	1	1,30	1,20	1,20	0,30	0,30	0,00	0
IASF PALERMO	2	1	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	1
OAS BOLOGNA	2	2	0,20	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	2
Totali	**17,00**	**7,00**	**2,90**	**2,70**	**2,50**	**0,30**	**0,30**	**0,00**	**5,00**

16. Personale associato INAF coinvolto

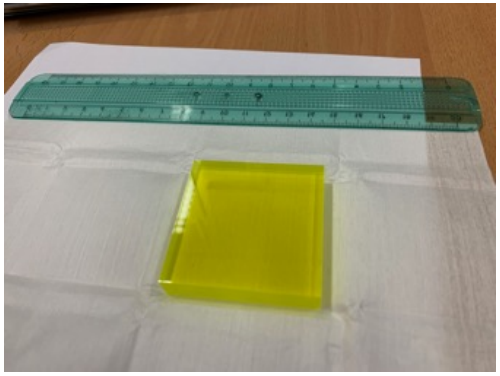
Struttura	TI 21	TI 22	TI 23	TD 21	TD 22	TD 23	Extra
IAPS ROMA	0	0	0	0	0	0	0,2
OAS BOLOGNA	0	0	0	0	0	0	0,4
Totali	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0,6**

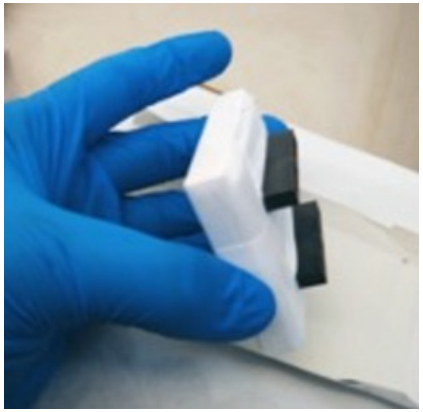
(*) inclusa scheda figlia BAD3GR

Aspetti scientifici/tecnologici

Finalita' scientifiche e attività previste per la realizzazione degli strumenti di responsabilità dell'INAF.

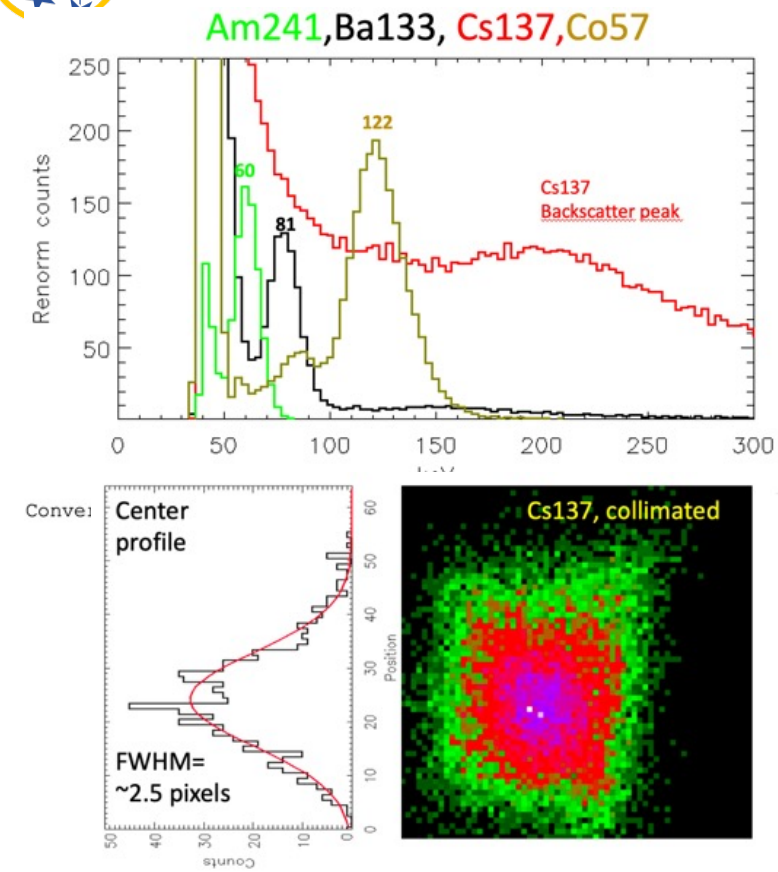
NOTA: Per lo strumento BAD3GR, fornito da IASF-PA e OAS si rimanda alla scheda relativa (BAD3GR).





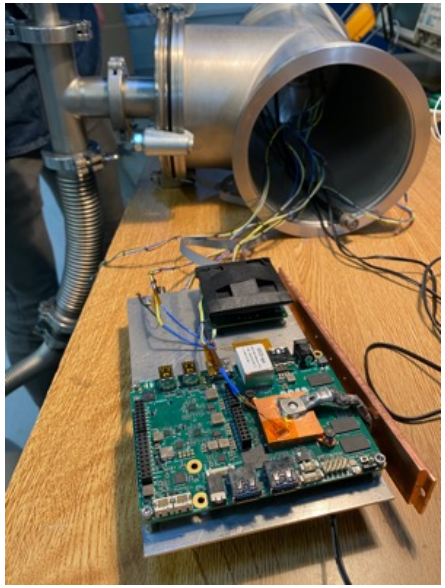
- **GRASS (IAPS):** nell'ambito del progetto Hemera e' previsto lo studio, realizzazione e volo di piccoli sensori innovativi. Uno di questi (GRASS) è dedicato alla misura dei parametri che riguardano il background in raggi gamma e raggi cosmici in stratosfera. In particolare, acquisire dati in funzione dell'altitudine e della rigidità di cutoff aiuterà a caratterizzare il background nella banda dei soft gamma-ray (50-1000 keV) e correlare le misure con quelle di altri spettrometri a bordo dei voli HEMERA. La tecnologia è consolidata in quanto simile a quella usata per altri esperimenti (per esempio INTEGRAL e Fermi e basata su rivelatori a scintillazione. In questo caso si utilizza un cristallo GAGG con readout SiPM.

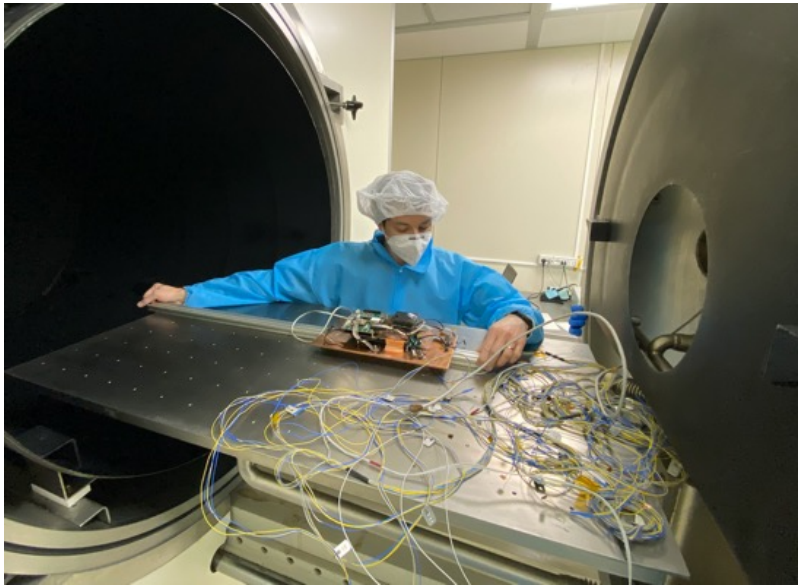
Aspetti scientifici/tecnologici



Ricostruzione della posizione di interazione mediante l'array SiPM

GRASS: attività di laboratorio

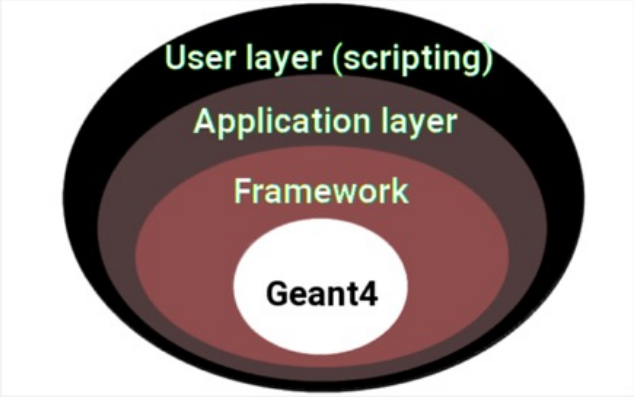




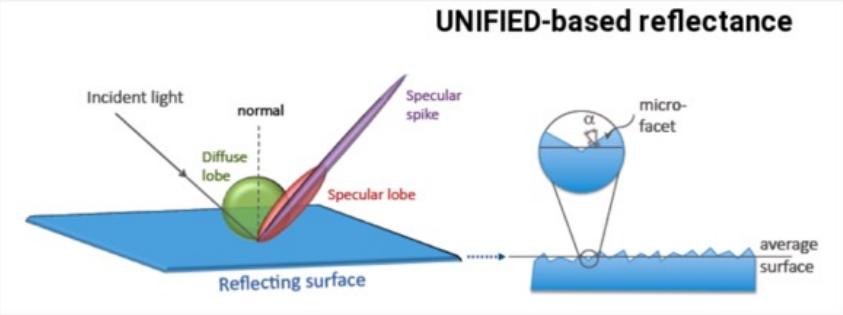
Il prototipo GRASS durante i test termo-vuoto

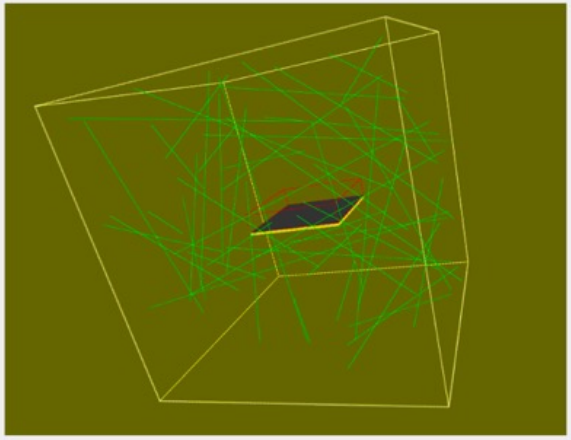
Aspetti scientifici/tecnologici

GRASS: modellizzazione del trasporto di luce



- **Geant4-based GATE tool**: scripting layer lying on an Application Layer that comprises an extensible set of Geant4 C++ classes for specific modeling. Originally developed for high-precision medical physics applications, GATE can be easily rearranged to space-physics purposes.
- **GATE Optical System** especially designed for modeling pixelated detectors.
- Light propagation formalized according to **UNIFIED model** (gaussian micro-facet distribution; 4-parameter control on reflectance). **LUT Davis model** (AFM-based experimental) also available, but seemingly inappropriate for wrapped items.

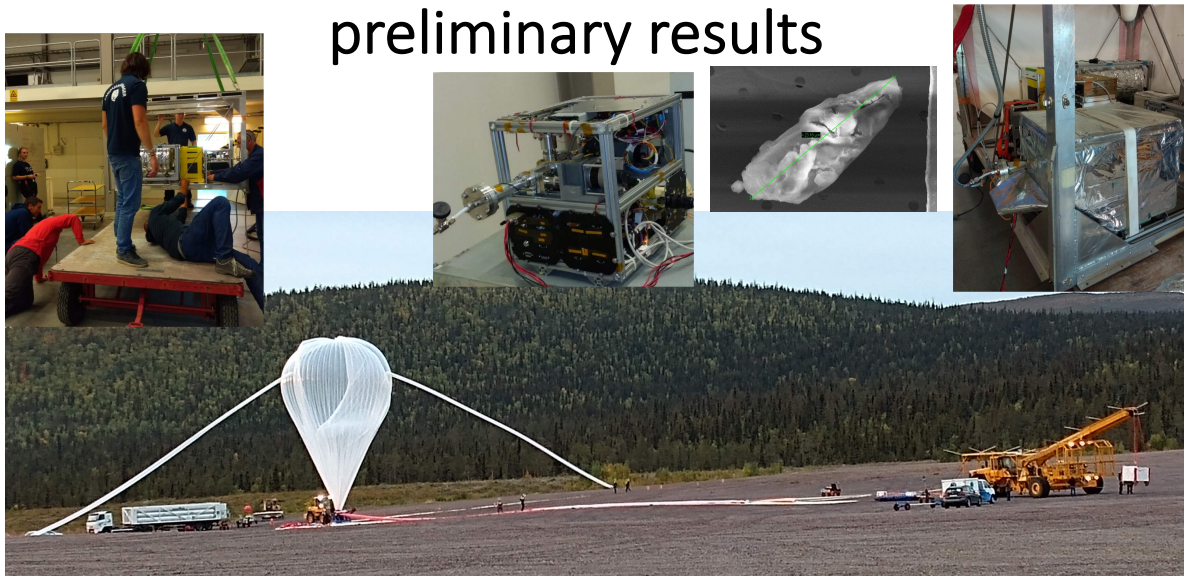




Aspetti scientifici/tecnologici

- **DUSTER (IAPS)**: l'obiettivo di questo esperimento è il campionamento in alta stratosfera di polveri di origine extraterrestre (IDP, frammenti di bolidi, particelle interstellari). Il campionamento e la separazione dell'aerosol refrattario in alta stratosfera avvengono grazie alla separazione a bassa velocità. DUSTER ha già eseguito 5 voli. Durante l'ultimo volo, effettuato nel Settembre 2019 nell'ambito del progetto HEMERA ha raccolto sample per circa 3 ore a 32km di altezza.

DUSTER 2019 HEMERA campaign
preliminary results



PREPARED BY VINCENZO DELLA CORTE (DUSTER PI)

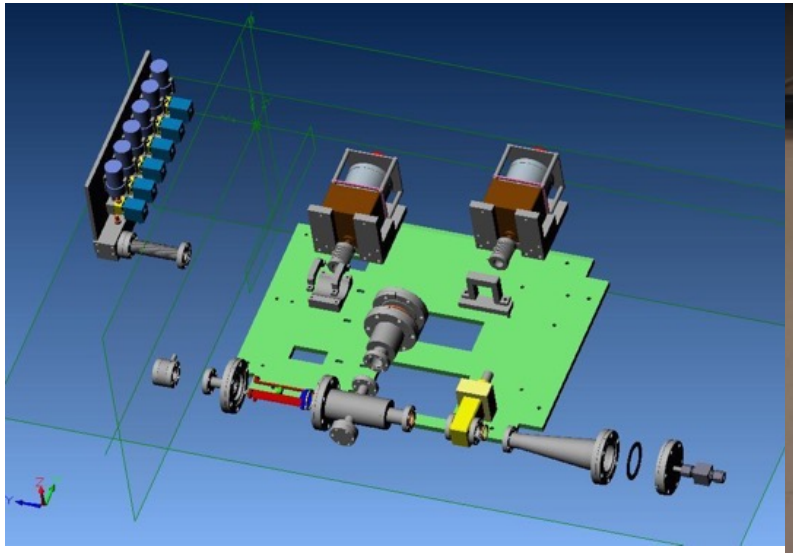
Aspetti scientifici/tecnologici

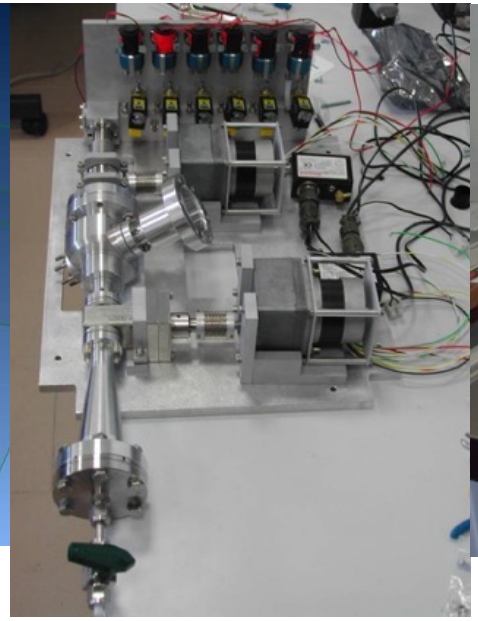
DUSTER Capabilities

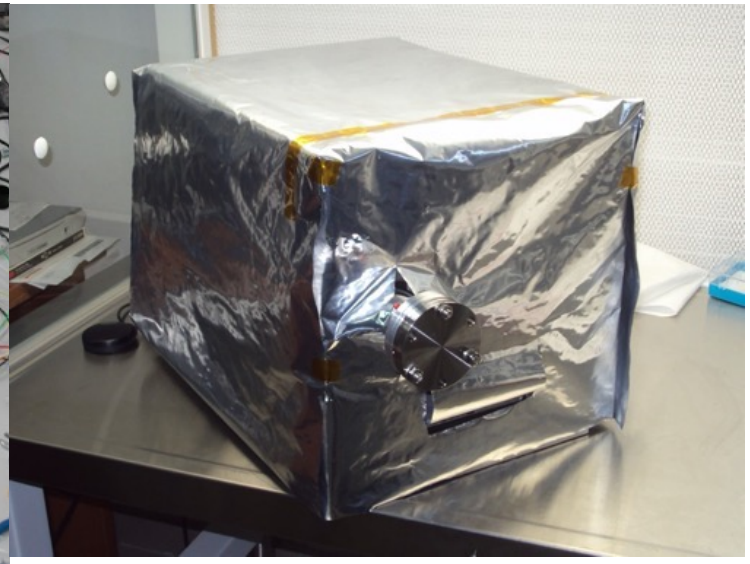
- DUSTER is a balloon-borne experiment:
  - It is able to collect uncontaminated stratospheric dust for laboratory analyses with state-of-the-art analytical techniques for the best data exploitation;
  - The collectable dust size ranges from 200 nm to 40 microns;
  - The altitude collection is between 30 and 40 km;
  - It is a project developed with low cost HW and simplified operations;
  - It can be used in a stand alone or a piggy-back flight configurations.

Technical Performances

- Flow Rate ≥ 1 m^3/hour
- High contamination control
- Vol <0.05 m^3 and Mass < 15 kg
- Power Consumption <15 W
- Op. Temp. : -60°C ≤T≤ +50°C







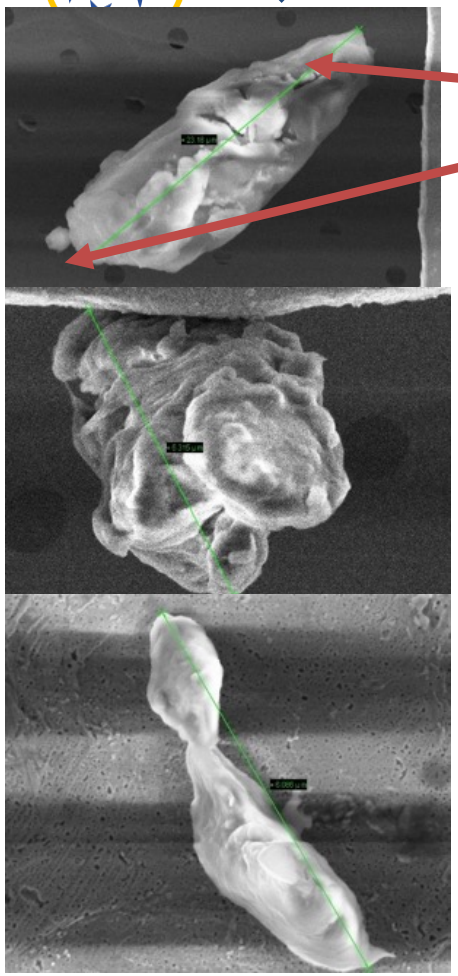
Aspetti scientifici/tecnologici

DUSTER: Recent activities 2019-2020

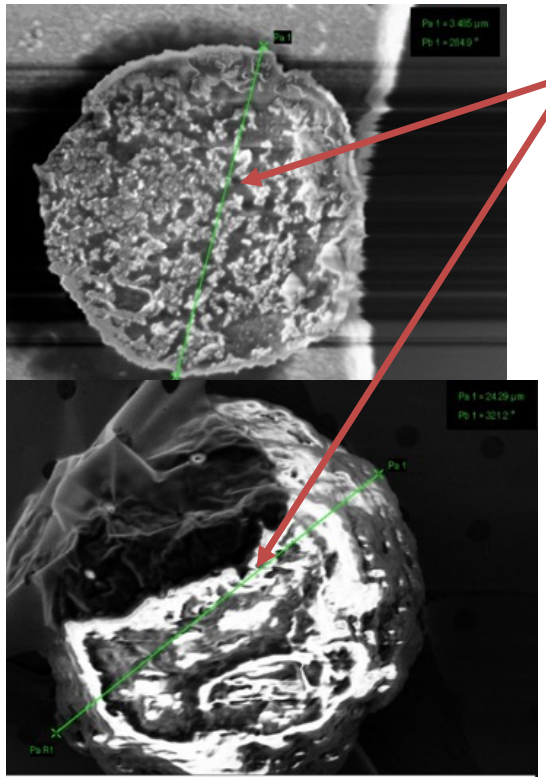
- **September 2019:** in the frame of the first flight of the Hemera campaign, managed by SSC from ESRANGE, DUSTER sampled the atmosphere for 3 hours at 32 km altitude.
- **October 2019:** After recovery DUSTER was delivered to our laboratory in October 2019.
- **November 2019:** An analysis of the DUSTER collector was performed by means of a Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM), about 283 collected particles were identified.
- **Dec. 2019 - June 2020:** High resolution FESEM imaging, size and morphological characterization of a portion of the identified particles was performed.
- Due to COVID-restriction FESEM-Energy Dispersive X-ray analysis to determine particle composition is in stand by.
- FESEM images of some of the collected particles are shown in the next slide

Aspetti scientifici/tecnologici

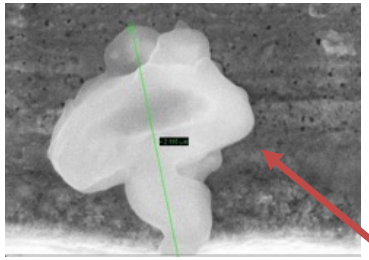
DUSTER: Preliminary Morphological Classification

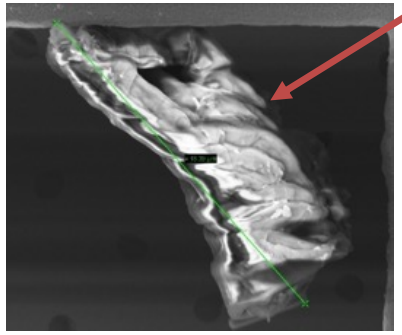


- Partially melted minerals.



- Spheroidal particles.





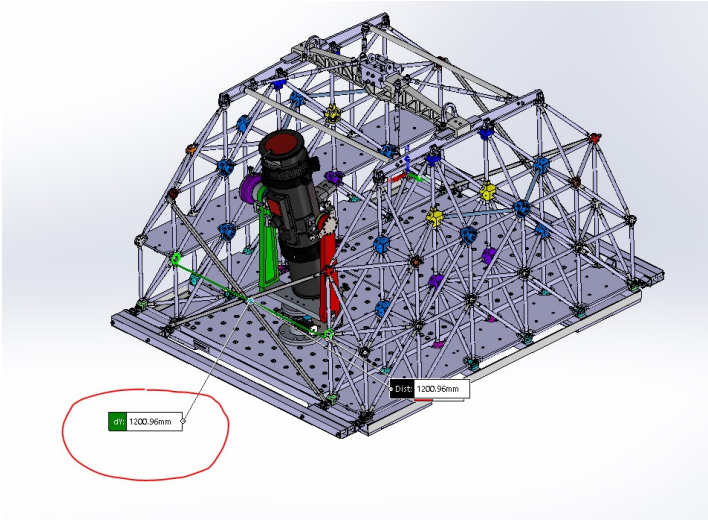
- Unclassified particles.
- Flat morphology.
- Apparent low porosity.

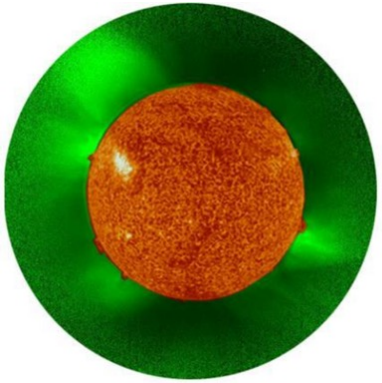
Aspetti scientifici/tecnologici

- **CorMAG (OATO): The Coronal Magnetograph – CorMag – or the Stratospheric Hemera Mission,** Fineschi Silvano, L. Zangrilli, G. Capobianco, F. Landini, A. Liberatore, G. Massone, M. Pancrazzi, R. Susino, F. Amadori, M. Romoli

l'obiettivo di questo esperimento è l'osservazione della corona solare dalla stratosfera per studiare la topologia del campo magnetico coronale al fine di comprendere i processi fisici che determinano il riscaldamento e accelerazione del vento solare. A tale scopo si intende misurare la polarizzazione lineare della così detta "riga verde" a 530,3 nm, sensibile alla direzione del campo magnetico. Le ottiche sono quelle del demonstration model del coronografo ASPIICS della missione PROBA-3.

Alta-azimuthal mount for CorMag





The instrument

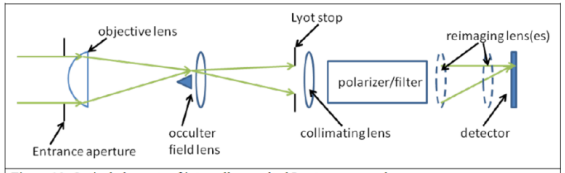


Figure 10. Optical elements of internally occulted Lyot coronagraph

Aspetti scientifici/tecnologici

BAD3GR: Obiettivi scientifici e tecnologici 1/2

Obiettivo generale: Incremento TRL dei dispositivi sviluppati nell'ambito del progetto: 3DCaTM- (Modulo 3D-CZT per imaging spettroscopico, timing e polarimetria in missione satellitare per hard X-ray/soft γ-rays finanziato con accordo ASI/INAF n. 2017 -14-H.0).

- Realizzazione di un modello di volo completo (e del volo stesso) di uno spettro-polarimetro innovativo per astrofisica delle alte energie.
- BAD3GR è uno spettro-imager in 3D per raggi X duri/ γ molli basato su sensori a strisce di drift dotati di un innovativo sistema di lettura digitale dei segnali con elevata risoluzione spaziale (<0.5 mm) , risoluzione energetica (1% FWHM at 511 keV) e buona uniformità utilizzando un numero limitato di canali elettronici.
- Il prototipo per il volo su pallone stratosferico permetterà di verificare l'affidabilità e l'adattabilità di alcune nuove soluzioni tecnologiche, già implementate nel modulo spettro-imager in 3D, in ambiente pseudo-spaziale.

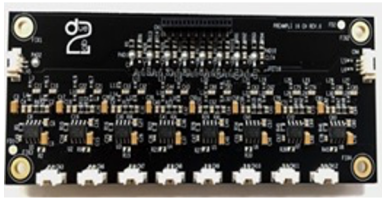
Aspetti scientifici/tecnologici

BAD3GR: The 3-D CZT Prototype Payload

The balloon payload will be constituted by four main subsystems:

1) The detector module, made by one 3D CZT sensor and the two CSP Analog front-end board; In the detector module will be implemented an active shield prototype based on new organic semiconductor and a small passive shield layer mainly used to provide a calibration line through X ray fluorescence of Pb
2) The data handling system (i.e. DPP), that provide the required real-time signal acquisition, coincidence and trigger logics;
3) Data storage and TLM unit, providing the mass memory for on-board data storage and the interface with the gondola TLM system. This provide also the detector HV (150-500 V) and low bias for FEE, DPP from the gondola.

The core of the detection system: *the 3D CZT sensor bonded to the mechanical support, (a) anode side, (b) cathode side, and (c) the custom designed 16 channels low noise CSP board used for the analogue readout.*



Risultati e/o Prospettive

Risultati principali previsti a breve termine

- ✓ realizzazione della strumentazione come da Accordo ASI-INAFe completamento della fase operativa del volo;
- ✓ analisi dei dati acquisiti in stratosfera nelle campagne del 2021 e 2022;
- ✓ Presentazione dei risultati a congressi nazionali e internazionali e pubblicazione dei dati.

Prospettive Future

- ✧ Assicurare all'Italia e all'EUROPA un accesso privileggiato alla Troposfera e Stratosfera in maniera semplice e a costo limitato
- ✧ Facilitare lo sviluppo di nuove tecnologie e strumentazione scientifica "cutting edge" in campo spaziale, ed in particolare per l'astronomia
- ✧ Permettere un accesso allo spazio finanziato dalla EU che permetta di avere un "test-bed" in situ per istituti di ricerca, universita' e industrie del settore
- ✧ **Continuazine del programma HEMERA con possibilita' di piu' voli per anno, carichi maggiori (>2 T), di lunga durata (mesi) a quote di interesse per astrofisica delle alte energie (h>35-40 km) e da siti diversi**

Programmazione

Evoluzione programmatica attività

- Le campagne di volo del programma HEMERA previste per il 2020 e 2021 sono state entrambe spostate temporalmente di un anno a causa dell'emergenza Covid-19, compatibilmente con l'estensione del programa di 10 mesi concessa da EU.

- **Le attivita' previste dall'accordo iniziale ASI-INAF (2019-33-HH.0) per la prima campagna di voli si sono svolte come previsto con i ritardi menzionati da parte del programma HEMERA.**

- Inoltre, a seguito della seconda Call di HEMERA sono stati selezionati altri payload per le campagne previste dalle basi di lancio di Timmins (Canada) ed Esrange (Svezia) nel periodo primavera-estate 2022.

- Questi comprendono: **una nuova versione del rivelatore GRASS**, con aumentata area efficace; una **nuova realizzazione dello spettrometro di Fourier**; **un nuovo rivelatore a raggi gamma –BAD3GR**- con configurazione a moduli per la ricostruzione della posizione in 3D.

Fondi Accordo ASI-INAF

Fondi a sostegno

21. Totale fondi a disposizione (k€) + Cofin Istituti + supporto HEMERA

Istituto	**2021**	**2022**	***Totale Istituto***
IAPS	84	144	***228***
OA-TO	64	0	***64***
OAS + IASF-Palermo	0	55	***55***
Totali	***148***	***199***	***347***

Istituto	**2021**	**2022**	***Totale***
INGV	25	0	***25***
Sapienza /DIAEE	96	0	***96***
CNR/IFN	68	60	***128***
Totali	***189***	***60***	***249***

Leadership

- INAF/IAPS: **PI accordo INAF-ASI**, coordina la parte di strumentazione e la rendicontazione tramite il suo Ufficio progetti. Inoltre è responsabile della fornitura di strumentazione per 4 payload con realizzazione negli istituti IAPS, OATO, OAS.

- Gli istituti INAF hanno una lunga esperienza di ballooning scientifico con voli di strumentazione per l'osservazione a diverse lunghezze d'onda. Oltre a notevole esperienza nel campo della fisica spaziale (disciplina attinente al programma) e nella divulgazione e comunicazione, nel cui settore IAPS è attivo anche all'interno del programma HEMERA.

- Le infrastrutture coinvolte, oltre all'INAF tramite gli istituti partecipanti al programma HEMERA, sono il CNES con la base di lancio di Aire sur L'Adour (Francia), l'ESA con la base di Esrange Space Center (Svezia) e l'Agenzia Spaziale Canadese con la Timmins Stratospheric Balloon Base (Canada).

Criticità

Le maggiori criticita' identificate a questo punto del programma sono due:

- Ritardi rispetto alla scheda dei tempi inizialmente prevista dovuti all'emergenza sanitaria Covid-19:

1 reperimento dei materiali per la realizzazione dell'HW da volo,

2 limitato accesso ai laboratori per svolgere le attivita' di costruzione, assemblaggio, test (compreso il termovuoto per la qualificazione al volo), calibrazione, integrazione finale e spedizione dei payload,

3 Cancellazione della campagna di volo del 2020 spostata di un anno, cosi' come quella prevista per il 2021 spostata al 2022.

- Fine del programma HEMERA prevista per l'ottobre 2022 e incertezza del suo proseguimento dal 2023 in poi, aggravata dalla mancanza di una Call specifica di HORIZON-EUROPE prevista per il tipo di infrastruttura quale HEMERA.

THE END

Grazie per la vostra attenzione