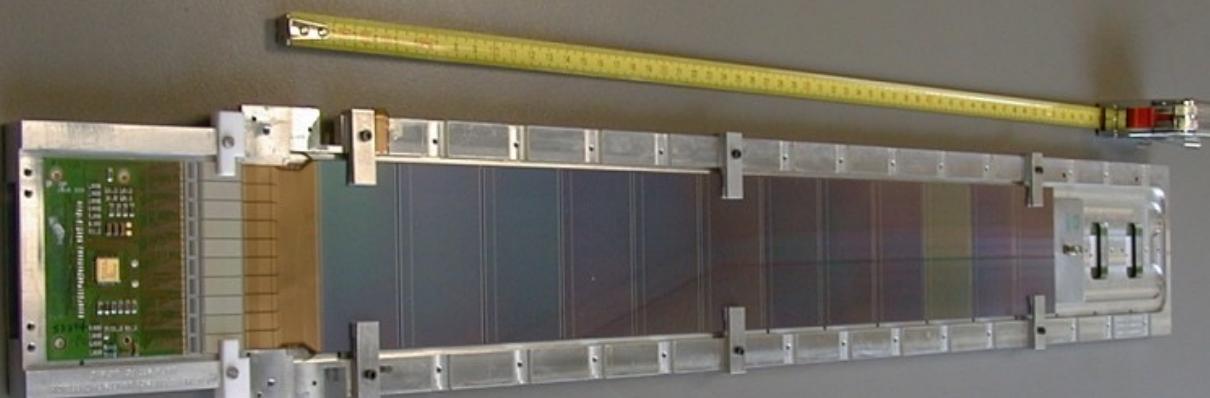
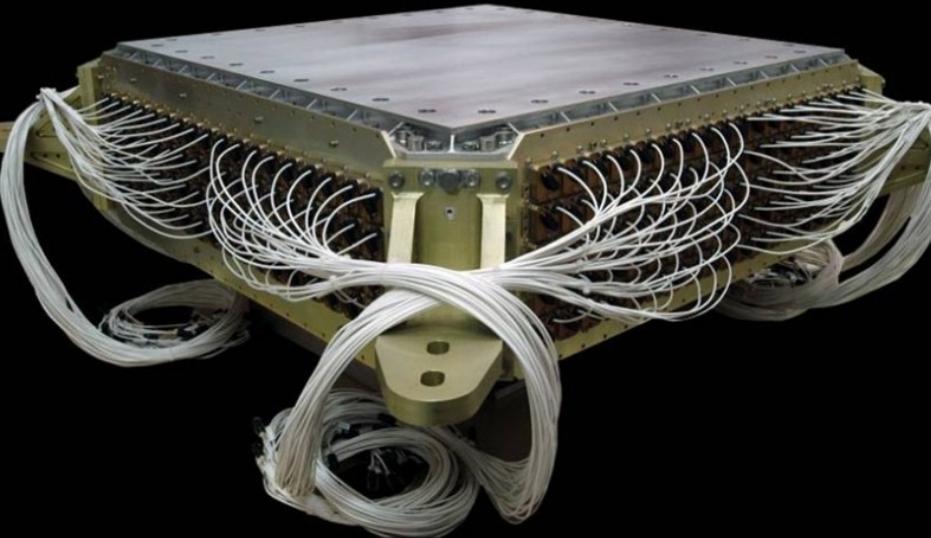




# Sviluppo e applicazioni di rivelatori per astro-particelle

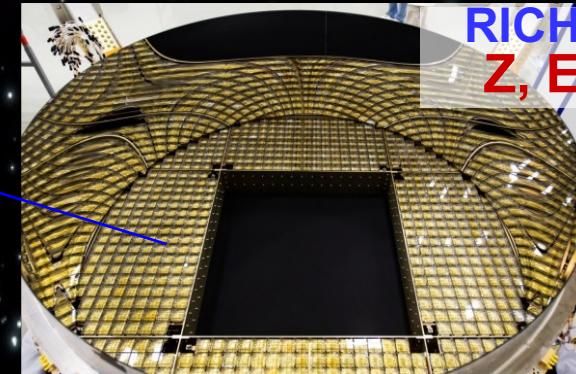
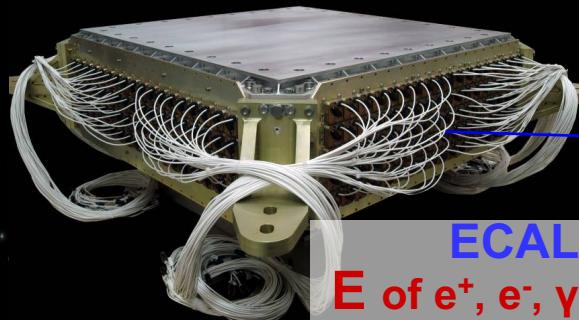
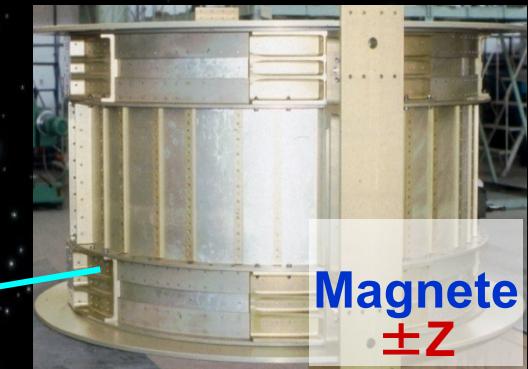
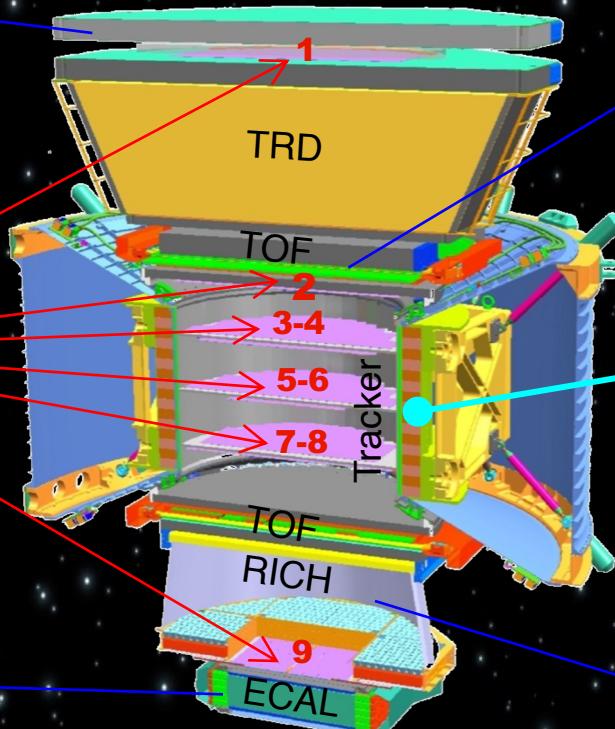
M. Duranti



# Il rivelatore $\Lambda$ MS-02

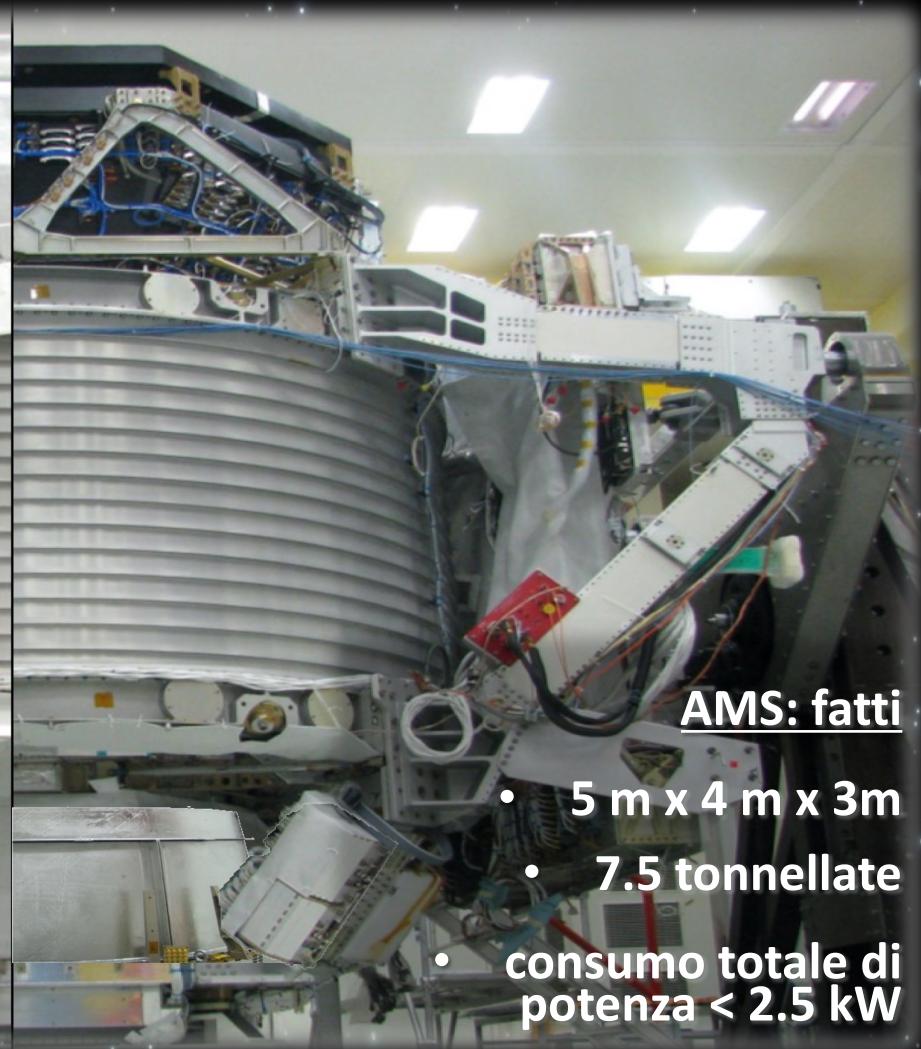
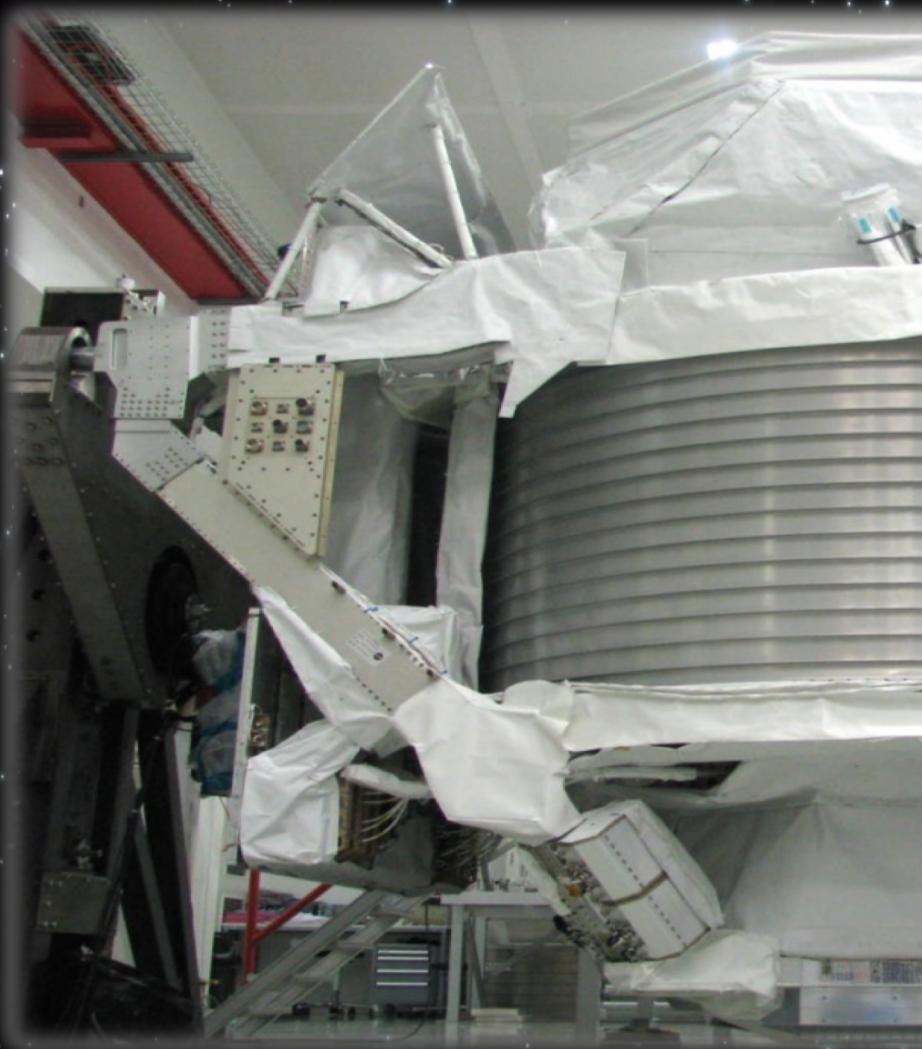


$Z$ ,  $P$  sono misurate indipendentemente  
da Tracker, RICH, TOF e ECAL



# 2010: AMS-02 assemblato!

---



## AMS: fatti

- $5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m}$
- 7.5 tonnellate
- consumo totale di potenza  $< 2.5 \text{ kW}$

# AMS sulla International Space Station

---

19 Maggio 2011



# Settembre 2010: AMS-02 al KSC!





STOP

## EVACUATION INSTRUCTIONS

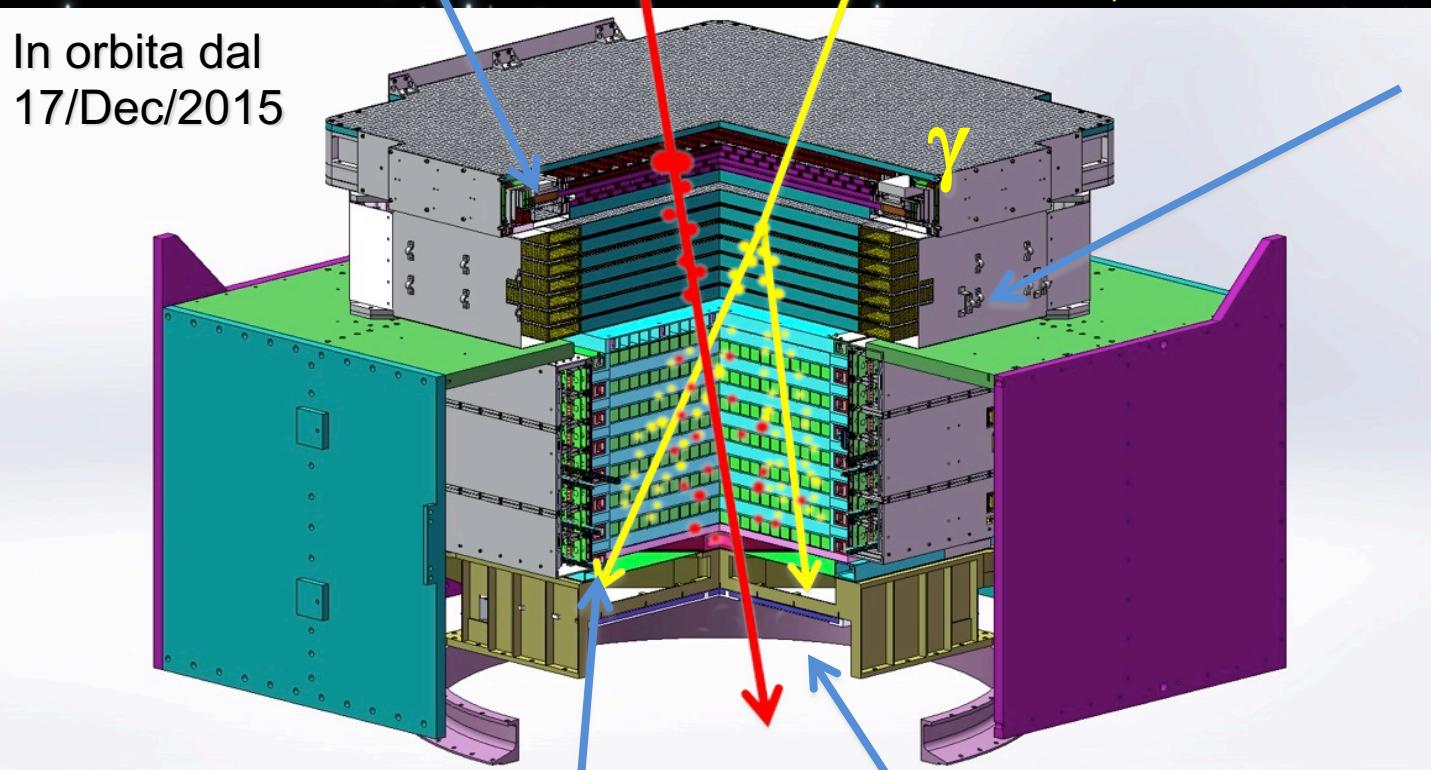
EVACUATION SIGNAL: LONG BLASTS ON THE WARNING WHISTLE.  
EVACUATE THE AREA IMMEDIATELY.  
USING THE PRIMARY EVACUATION ROUTES.  
DO NOT USE ELEVATORS.  
EVACUATE TO THE DESIGNATED AREAS.  
FOLLOW THESE DRESS INSTRUCTIONS.  
EVACUATE TO THE PERIMETER UNLESS OTHERWISE INSTRUCTED.  
EVACUATE TO THE OUTSIDE OF THE GREEN AND WHITE STRIPED.



# DArk Matter Particle Explorer

**PSD**: Misura la  $Z$ ,  
distingue CR carichi da  $\gamma$

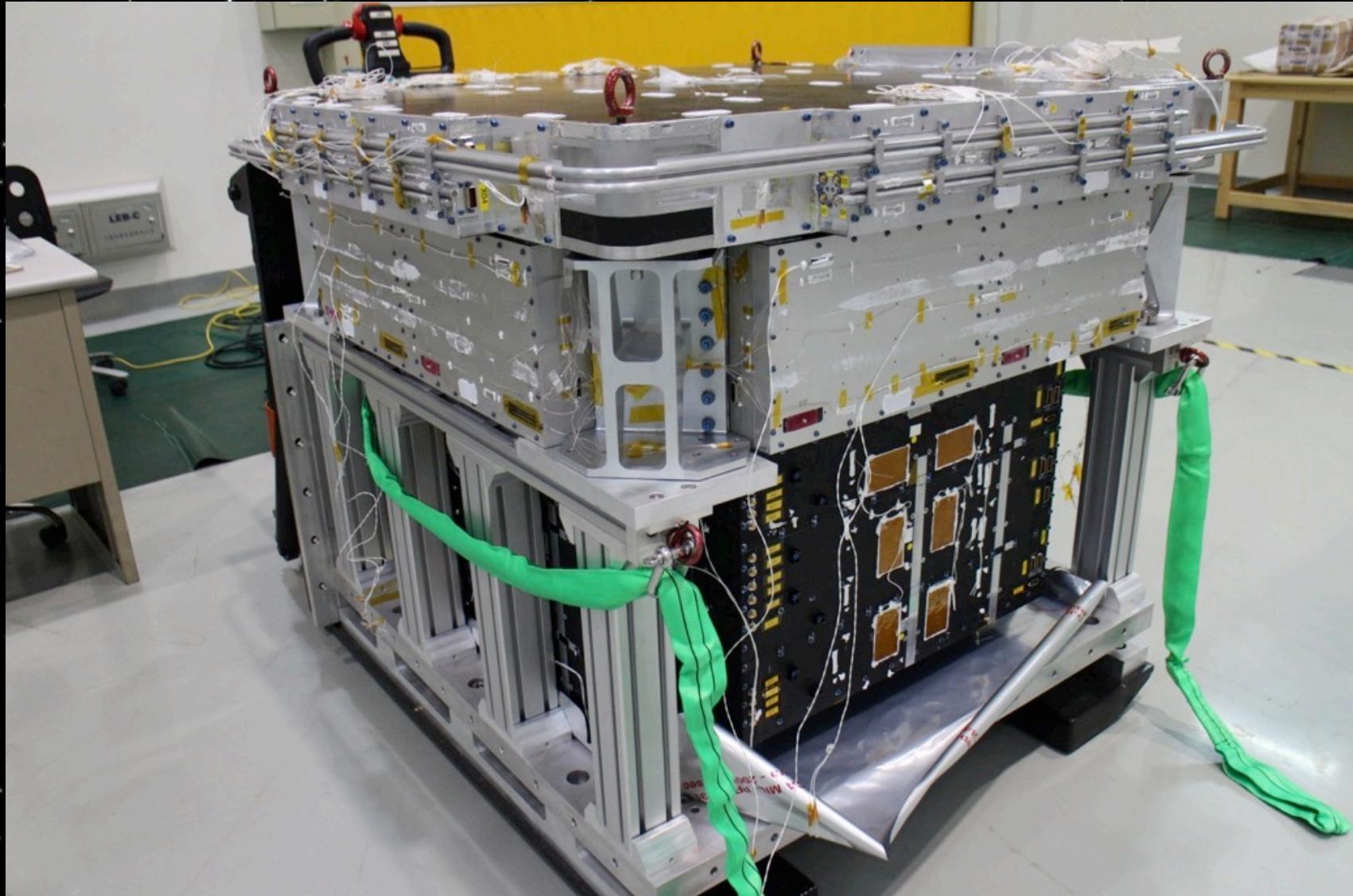
**STK**: 6 piani di tracciamento + 3 mm  
di tungsteno. Traccia le particelle  
cariche, aiuta la conversione dei  $\gamma$ ,  
misura  $Z$

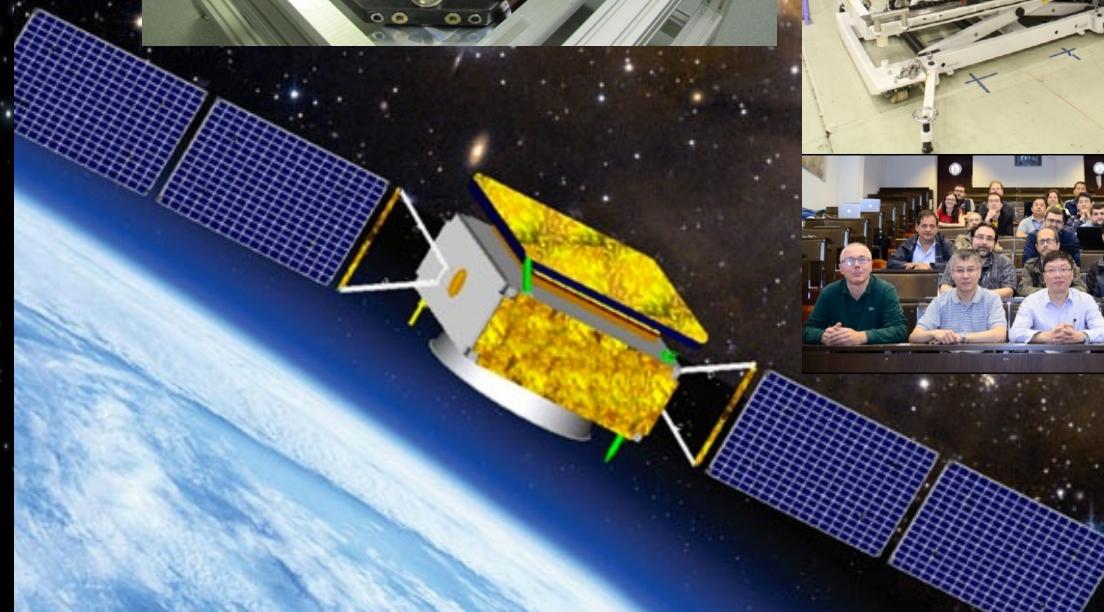
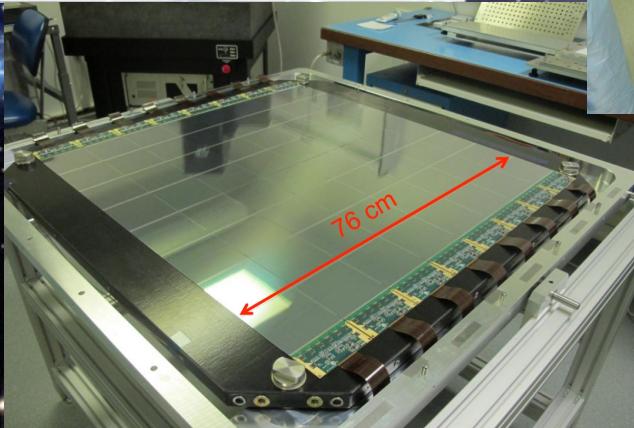
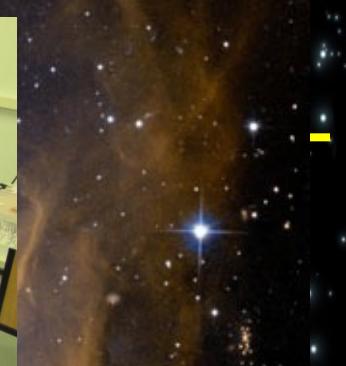
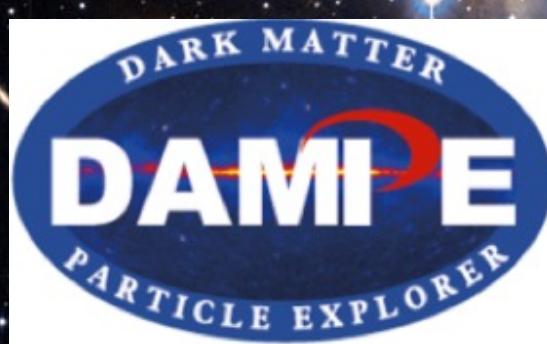


**BGO**: calorimetro con 308 barre  
di BGO (~31 lunghezze di  
radiazione). Trigger e misura di  $E$

**NUD**: Identifica neutroni per  
distinguere adroni (i.e. protoni) da  
elettroni e  $\gamma$

# DAMPE assemblato





17 Dicembre 2015: Lancio!



新华网  
[WWW.NEWS.CN](http://WWW.NEWS.CN)

# Sviluppo e applicazioni di rivelatori per astro-particelle

## Telescopio per raggi cosmici per divulgazione scientifica:

- Sviluppo di un sistema di acquisizione a basso costo (Arduino, FPGA, ...)
- Sviluppo del software di acquisizione su PC a basso costo (C++, Python - raspberryPI)
- Integrazione e calibrazione del prototipo completo

## Esperimenti futuri di raggi cosmici nello spazio:

- Impatto/ottimizzazione della geometria di HERD/ALADInO tramite simulazione MC
- Studio delle prestazioni di HERD/ALADInO
- Sviluppo della ricostruzione di calorimetro e tracciatore di HERD
- Sviluppo del software di simulazione MC di PAN
- Analisi dei dati simulati e studio delle prestazioni di PAN
- Caratterizzazione dei moduli al silicio di PAN
- Sviluppo sistema di acquisizione di PAN
- Partecipazione ai test su fascio di particelle (CERN, VNAO, ...) e successiva analisi dati

## Rivelatori al silicio per timing:

- Sviluppo di algoritmi di separazione  $e^-/p^+$  tramite lo studio temporale dei segnali nel tracciatore
- Ottimizzazione della geometria delle strip di rivelazione
- Test di laboratorio con elettronica veloce e/o rivelatori LGAD

**Rivelatori al silicio**

G. Ambrosi: giovanni.ambrosi@pg.infn.it

M. Duranti: matteo.duranti@infn.it

E. Fiandrini: emanuele.fiandrini@unipg.it

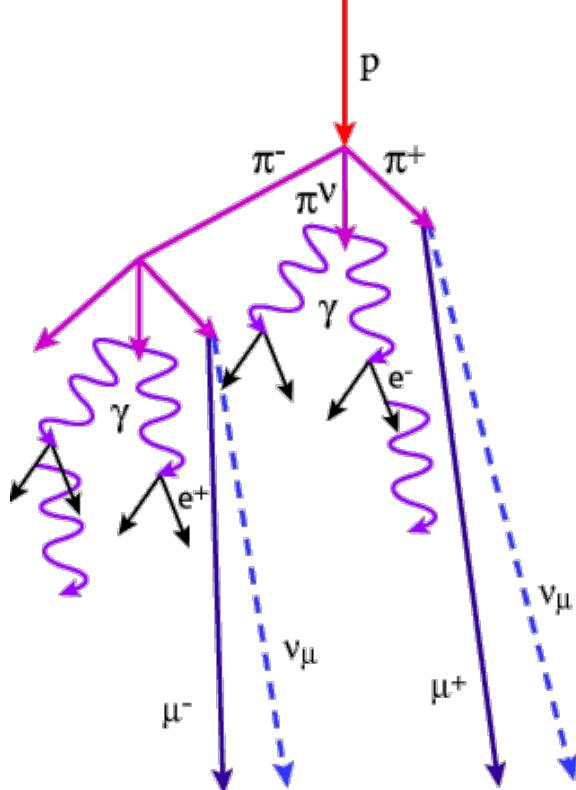
e in collaborazione con

V. Vagelli: valerio.vagelli@asi.it



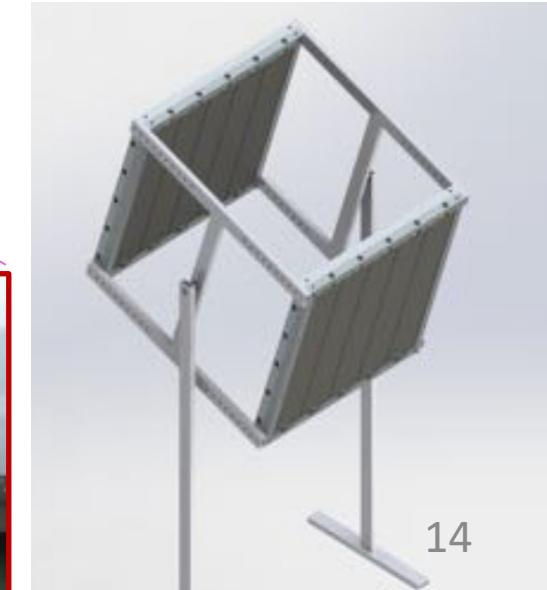
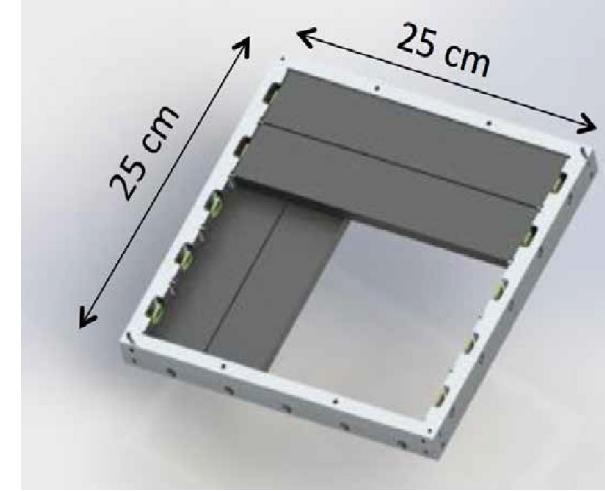
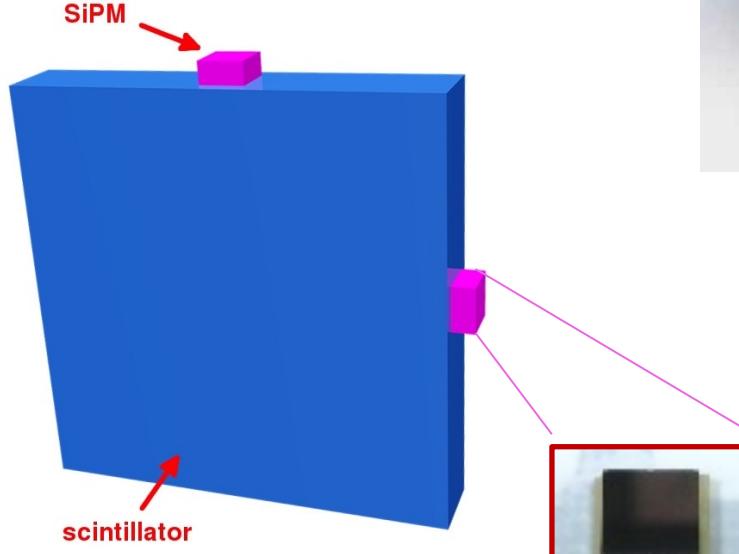
# Sviluppo di rivelatori di raggi cosmici per divulgazione scientifica

Obiettivo: sviluppo di un rivelatore per raggi cosmici portatile e di facile assemblaggio e utilizzo per esposizioni, scuole, ...



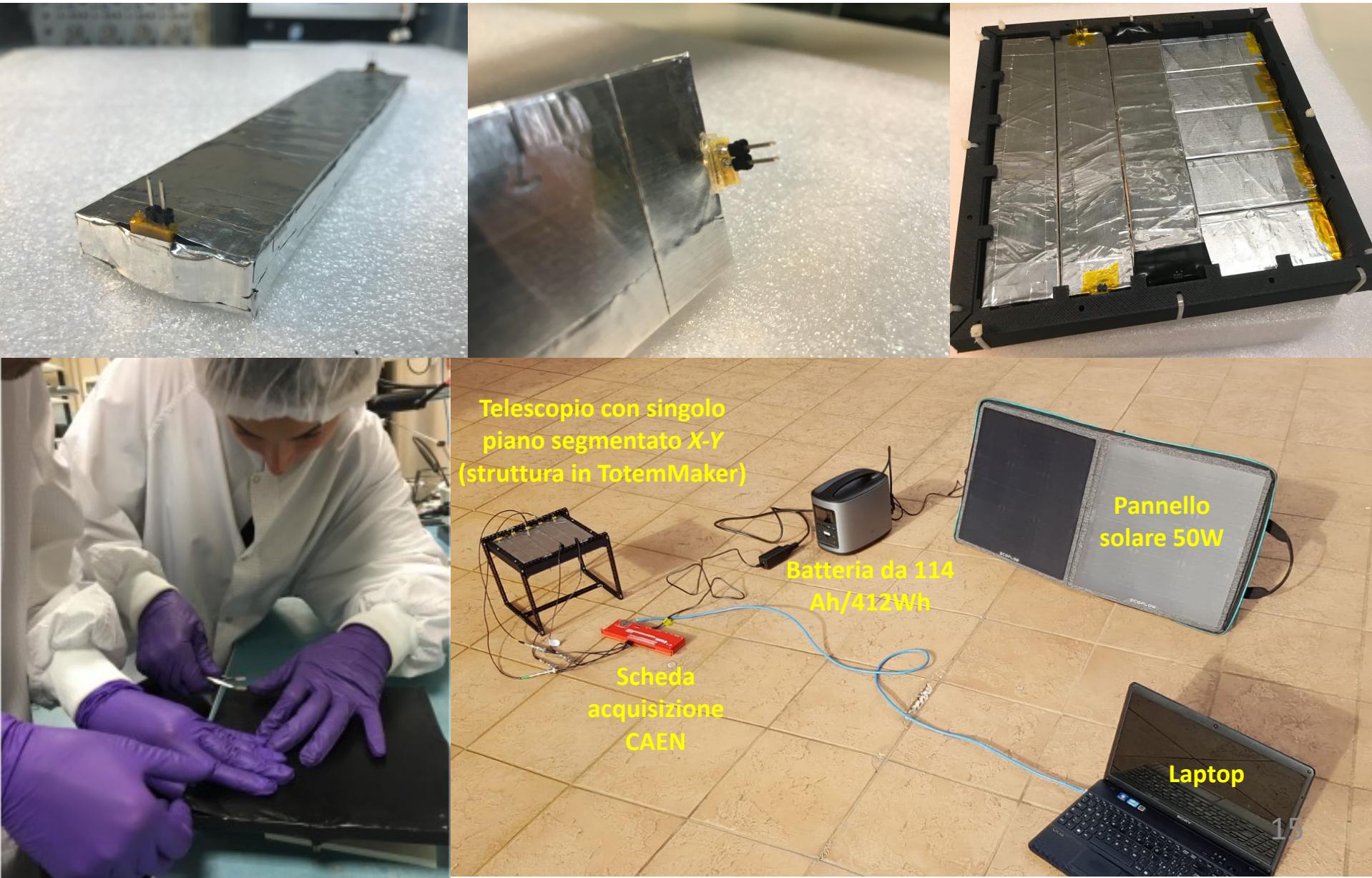
Rivelazione di muoni a terra  
=  
evidenza della presenza di raggi cosmici

Concetto semplice adatto per  
“**citizen science**” e **divulgazione**



Tecnica di rivelazione standard: materiale scintillante  
accoppiato a **fotomoltiplicatori al silicio (SiPM)**

# Sviluppo di rivelatori di raggi cosmici per divulgazione scientifica



# Sviluppo di rivelatori di raggi cosmici per divulgazione scientifica

Obiettivo: sviluppo di un rivelatore per raggi cosmici portatile e di facile assemblaggio e utilizzo per esposizioni, scuole, ...

## Attività in corso / tesi possibili:

- **Sviluppo di un sistema di acquisizione a basso costo (Arduino, FPGA, ...)**
- **Sviluppo del software di acquisizione su PC a basso costo (C++, Python + RaspberryPI)**
- **Integrazione e calibrazione del prototipo completo**



Attività di divulgazione sui  
Raggi Cosmici nelle scuole

M. Graziani:

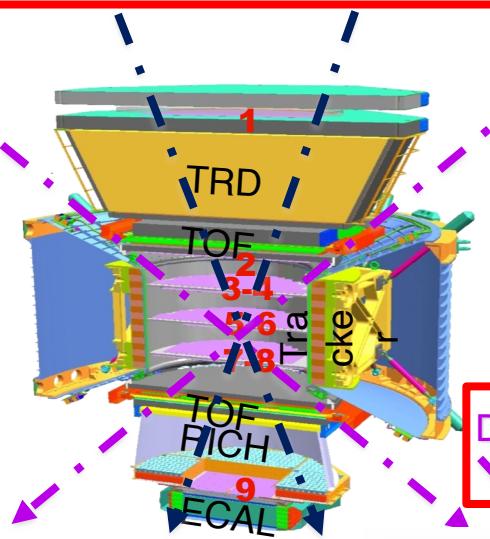
[maura.graziani@unipg.it](mailto:maura.graziani@unipg.it)



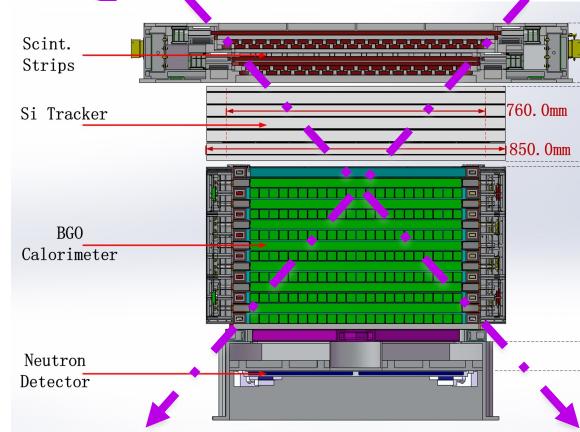
# Esperimenti futuri di raggi cosmici nello spazio - HERD

## Generazione attuale

AMS Inner  $\sim 0.5 \text{ m}^2 \text{ sr}$   
AMS Full Span  $\sim 0.05 \text{ m}^2 \text{ sr}$



DAMPE Field of View  $\sim 1 \text{ sr}$   
 $\rightarrow \text{Acc} \sim 0.3 \text{ m}^2 \text{ sr}$



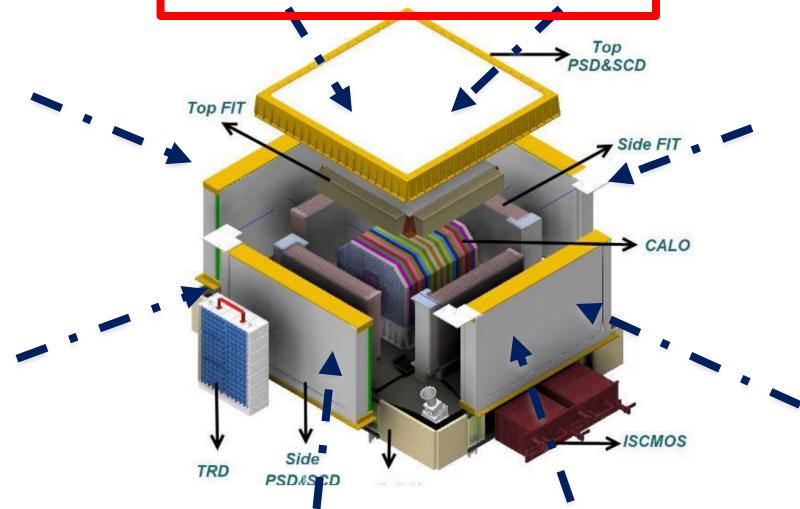
Rivelatori DAMPE (satellite) e AMS (Stazione Spaziale Internazionale)

Sensibili a particelle incidenti frontalmente

## Prossima generazione

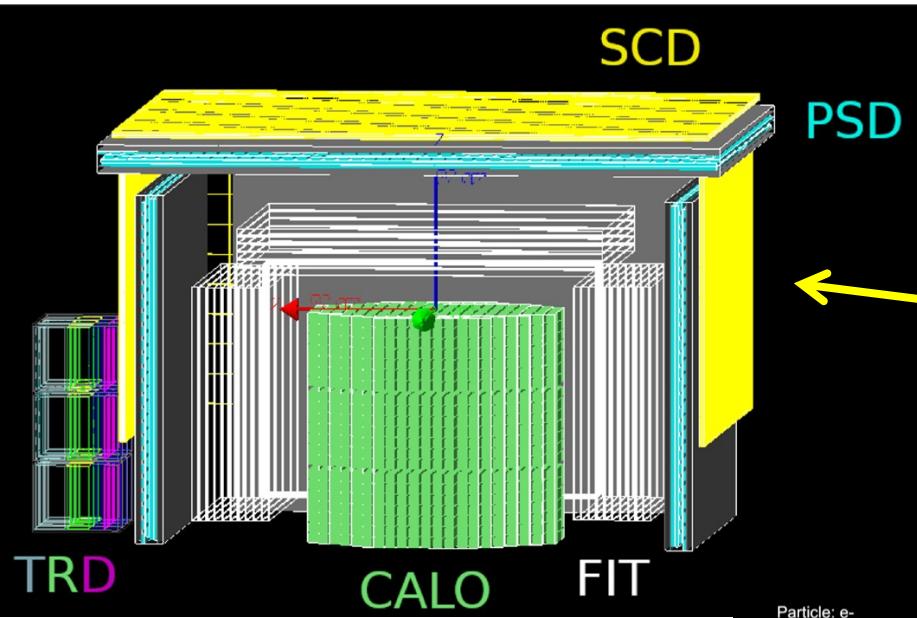


HERD Field of View  $> 2\pi \text{ sr}$   
 $\rightarrow \text{Acc} \sim 3 \text{ m}^2 \text{ sr}$



Rivelatore HERD (Stazione Spaziale Cinese, 2027): sensibile a particelle incidenti anche lateralmente

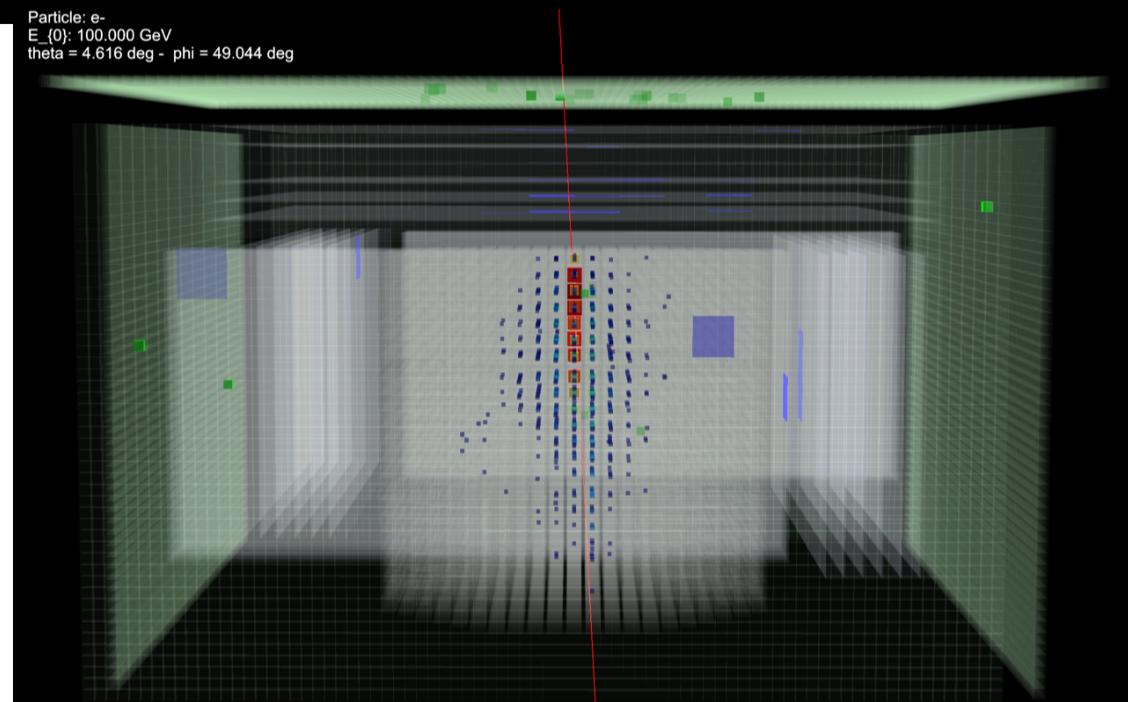
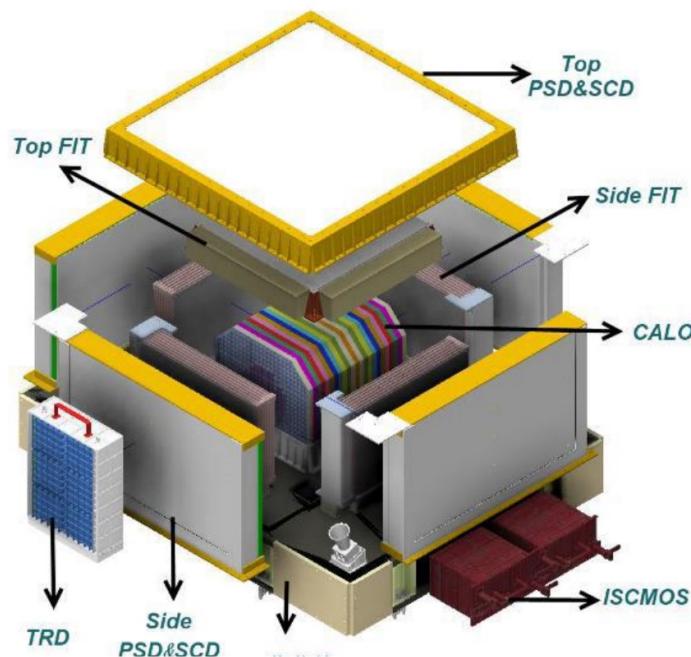
# Esperimenti futuri di raggi cosmici nello spazio - HERD



**Silicon Tracker (SCD), 5 sides**  
Charge  
CR trajectory  
 $\gamma$  conversion & tracking



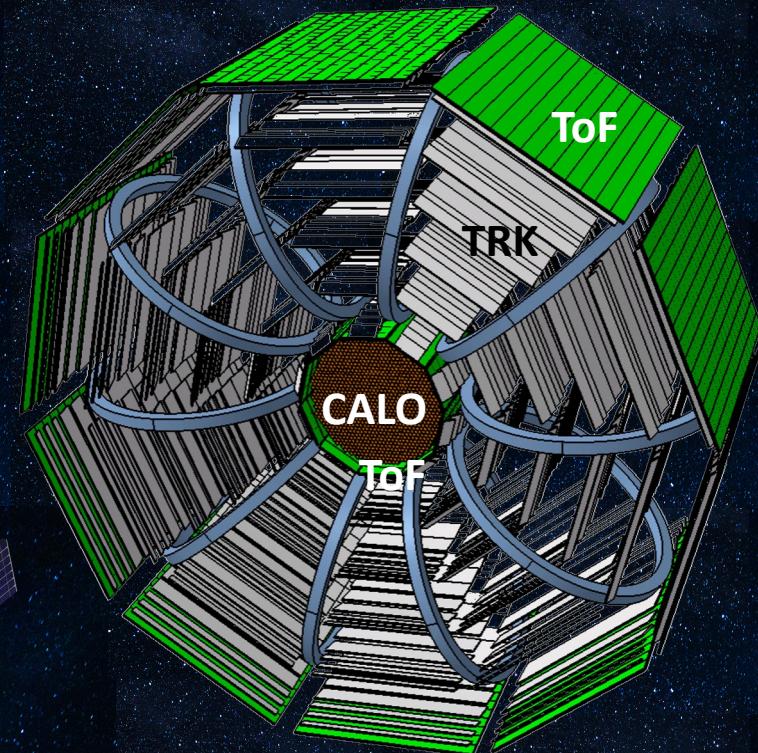
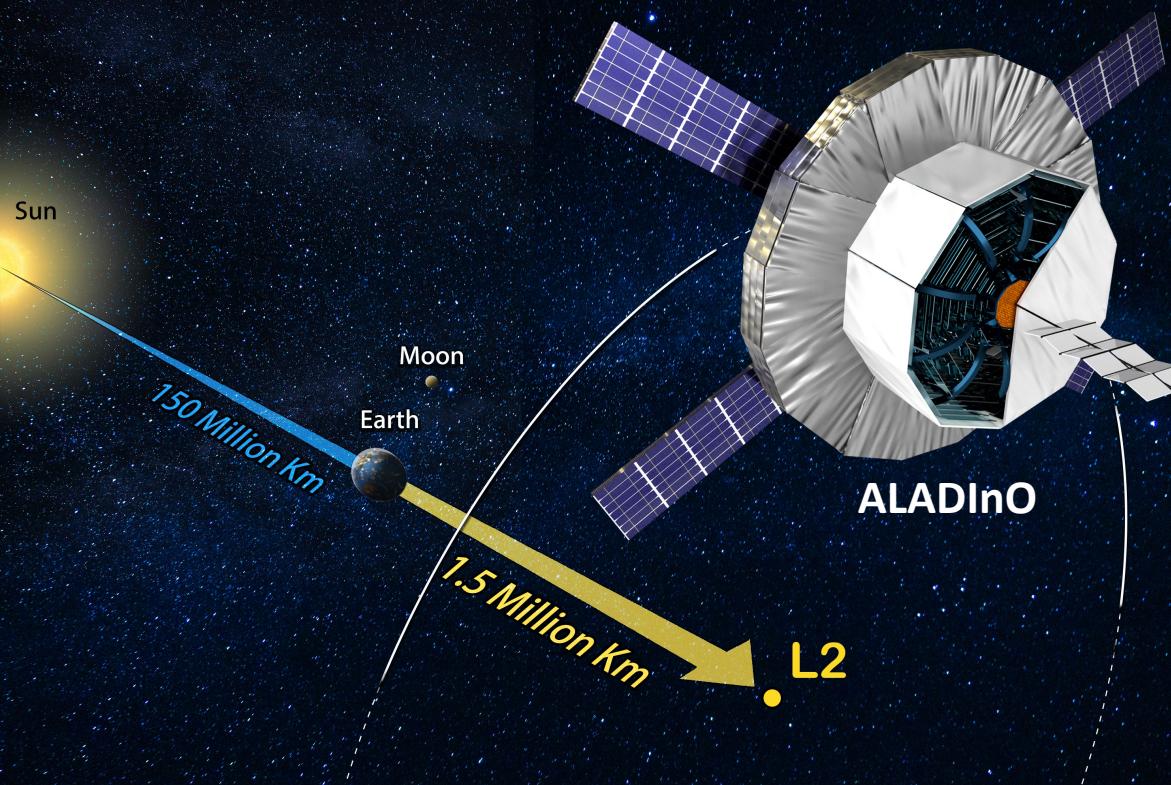
@INFN Perugia



# Esperimenti futuri di raggi cosmici nello spazio - ALADInO

Attività in corso / tesi possibili:

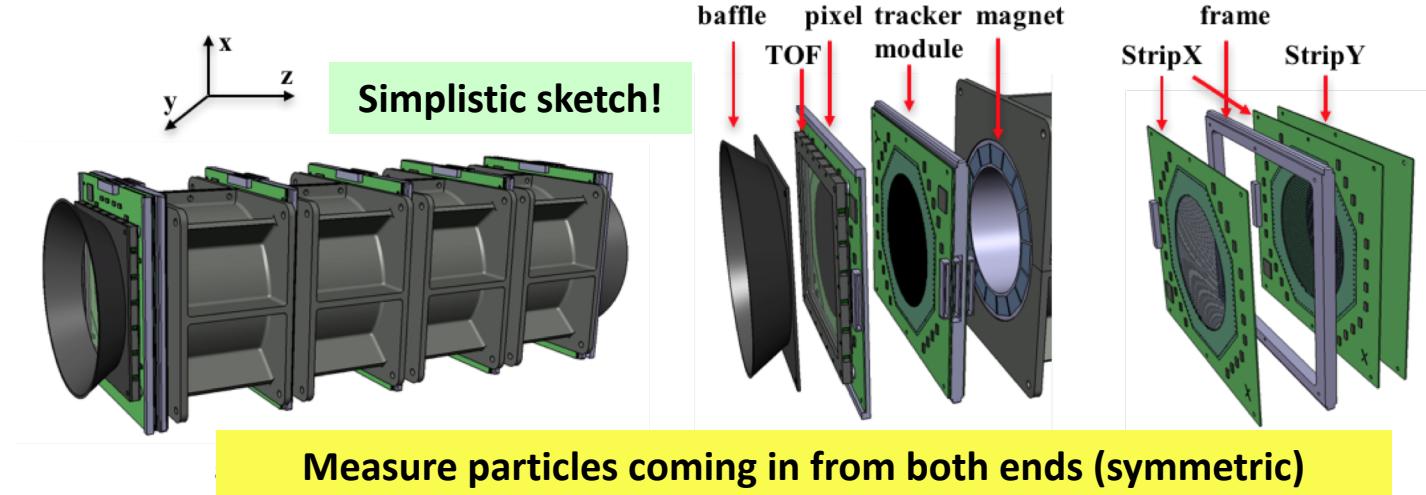
- Impatto/ottimizzazione della geometria di HERD/ALADInO tramite simulazione MC
- Studio delle prestazioni di HERD/ALADInO
- Sviluppo della ricostruzione di calorimetro e tracciatore di HERD
- Partecipazione ai test su fascio di particelle (CERN, CNAO, ...) e successiva analisi dati



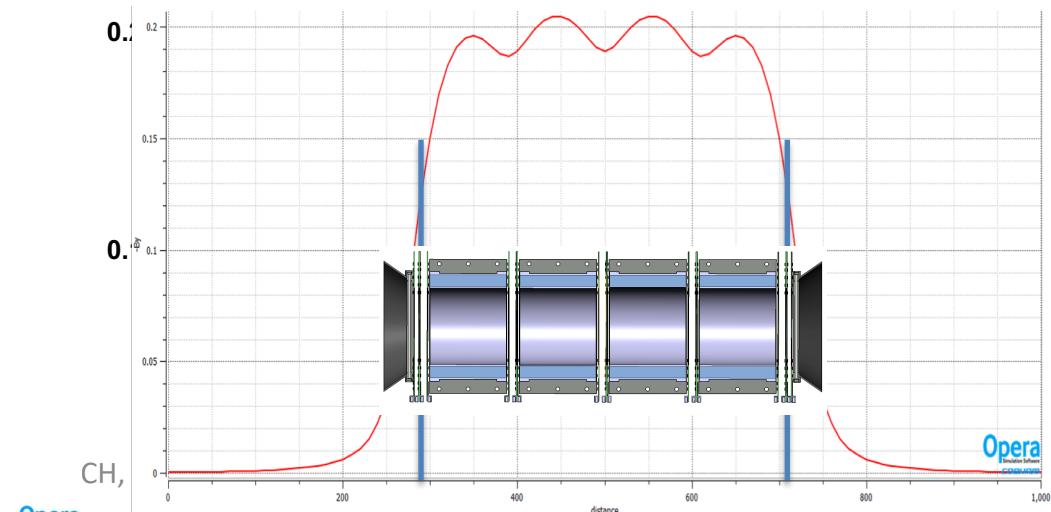
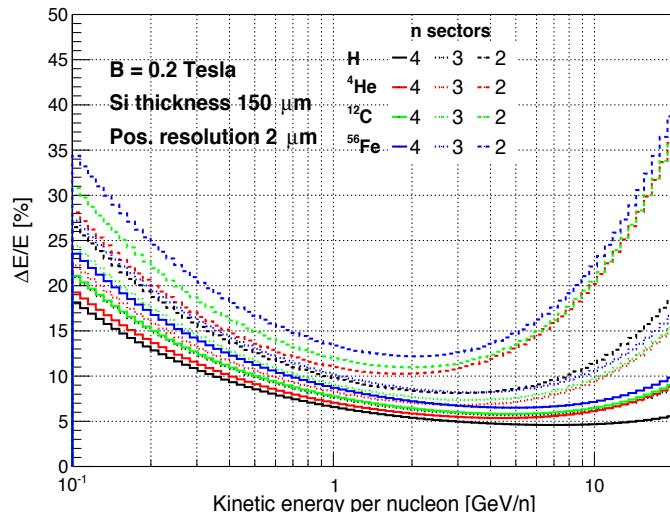
# Esperimenti futuri di raggi cosmici nello spazio - PAN

Spettrometro magnetico compatto e modulare per la misura di particelle di "bassa" energia

- Light weight (20 kg) low power (20 W) spectrometer with permanent magnet



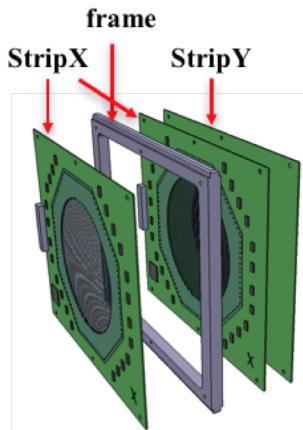
- 4 Halbach permanent magnet sectors, each  $\phi = 10$  cm,  $L = 10$  cm, provide a dipole magnetic field of  $\sim 0.2$  Tesla, total weight  $\sim 11$  kg



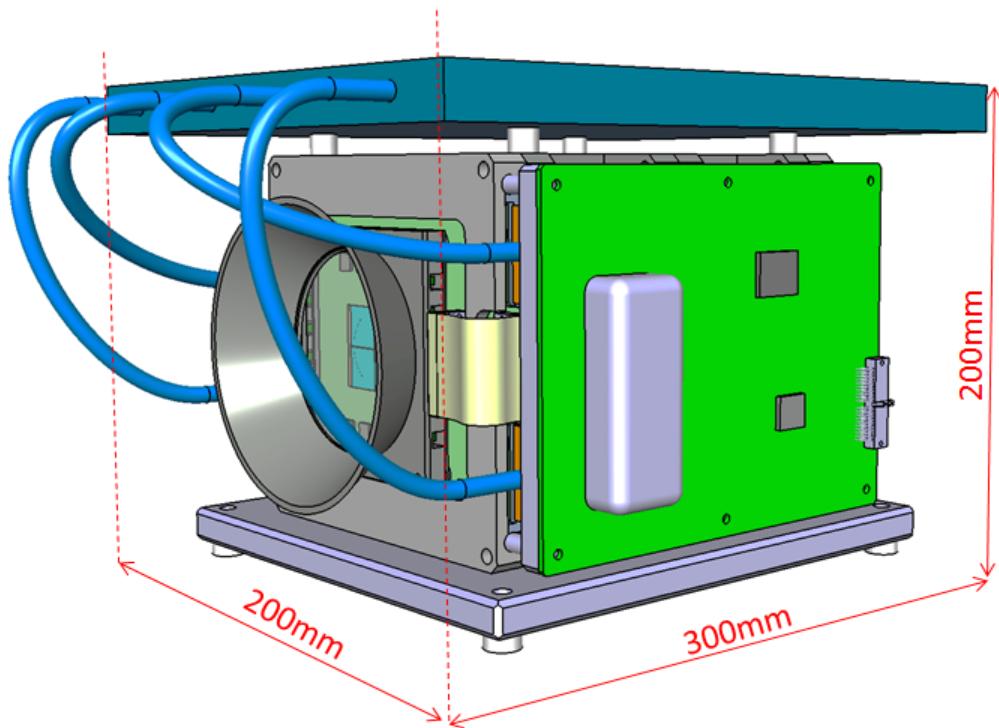
# Tracciatore

Basati sulla nostra  
esperienza di rivelatori al  
silicio nello spazio (AMS-02,  
DAMPE) ma come  
caratteristiche nuove:

- single sided (come  
DAMPE)
- readout pitch molto  
piccolo (25  $\mu\text{m}$ )
- spessore ridotto (150  $\mu\text{m}$ )



# Esperimenti futuri di raggi cosmici nello spazio - PAN



## Attività in corso / tesi possibili:

- Sviluppo del software di simulazione MC di PAN
- Analisi dei dati simulati e studio delle prestazioni di PAN
- Caratterizzazione dei moduli al silicio di PAN
- Sviluppo sistema di acquisizione di PAN
- Partecipazione ai test su fascio di particelle (CERN, CNAO, ...) e successiva analisi dati

GRANT AGREEMENT

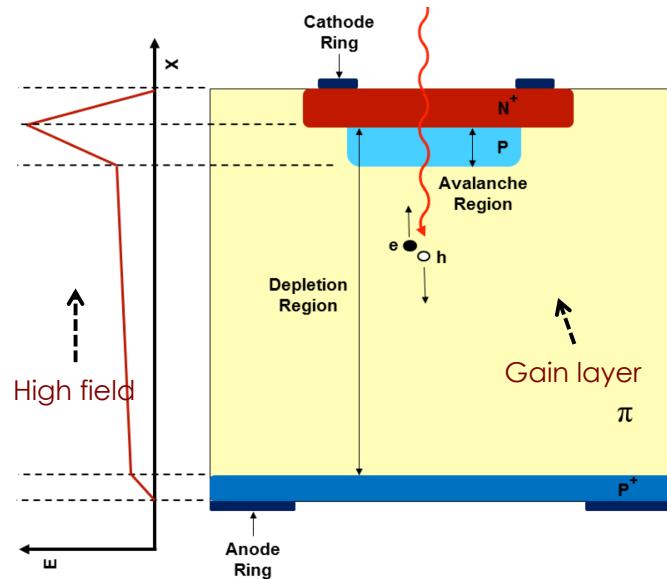
NUMBER 862044 — PAN



Horizon 2020  
European Union Funding  
for Research & Innovation

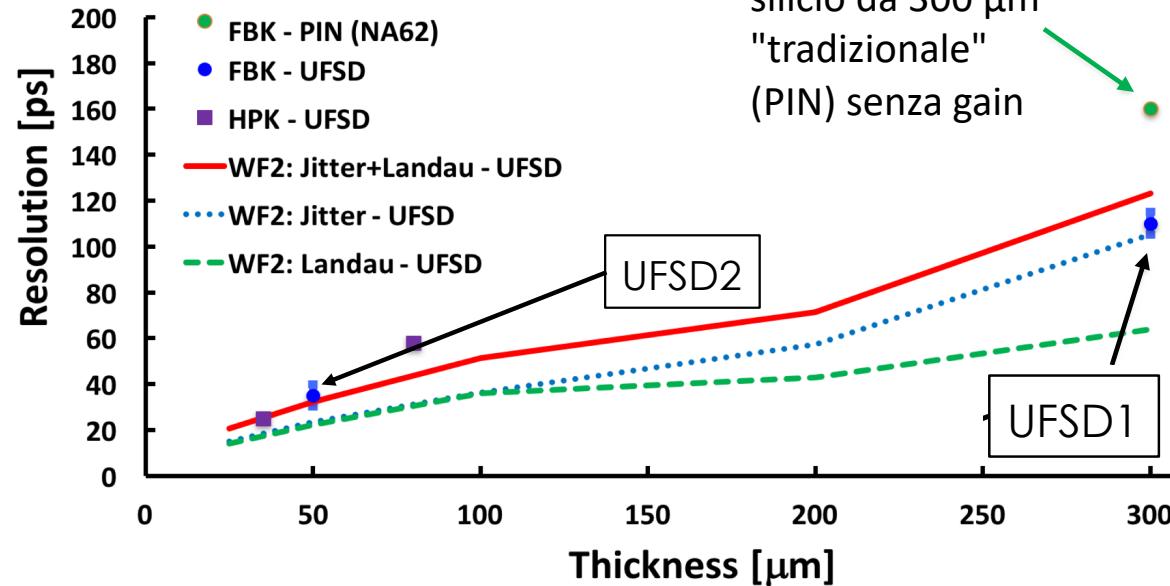
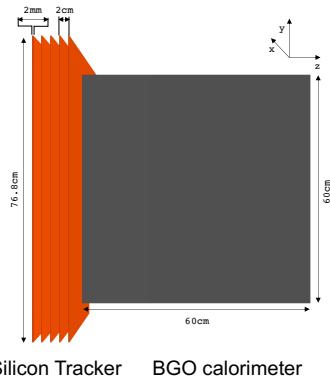
- Funded by the EU H2020 FETOPEN program to develop a demonstrator (Mini.PAN) in 3 years (2020-2023)

# Rivelatori al silicio con timing

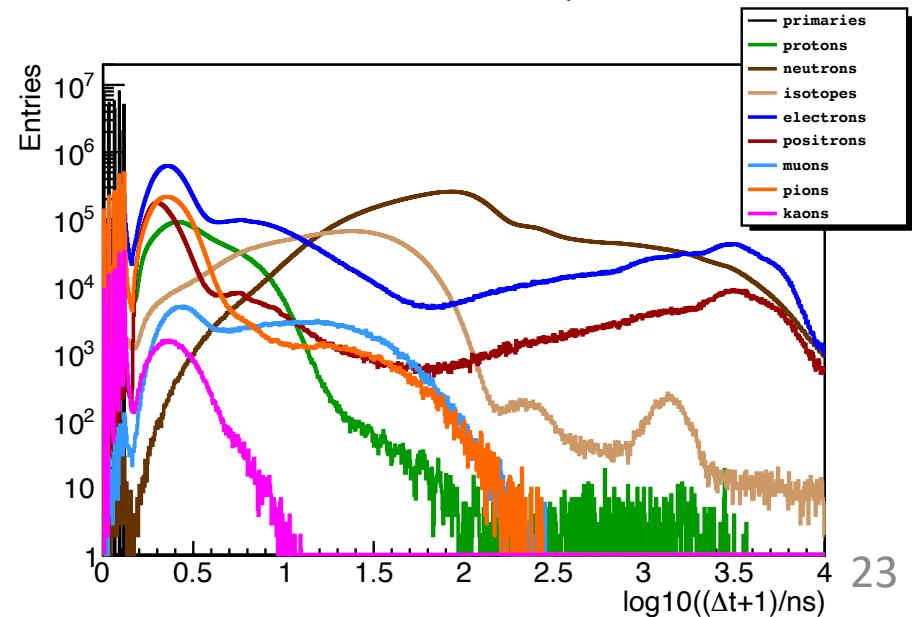


Low Gain Avalanche Diode:  
Ultra Fast Silicon Detectors

Simulazione MC basata su  
Geant4, geometria  
semplice: solo tracciatore +  
calorimetro



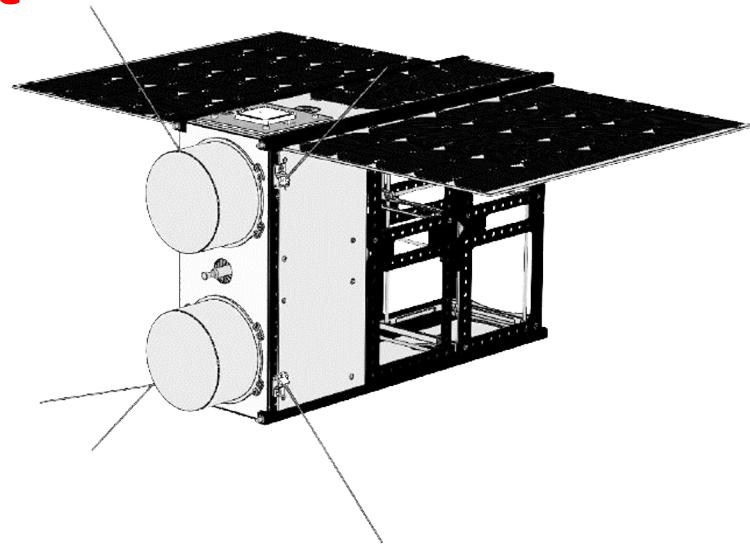
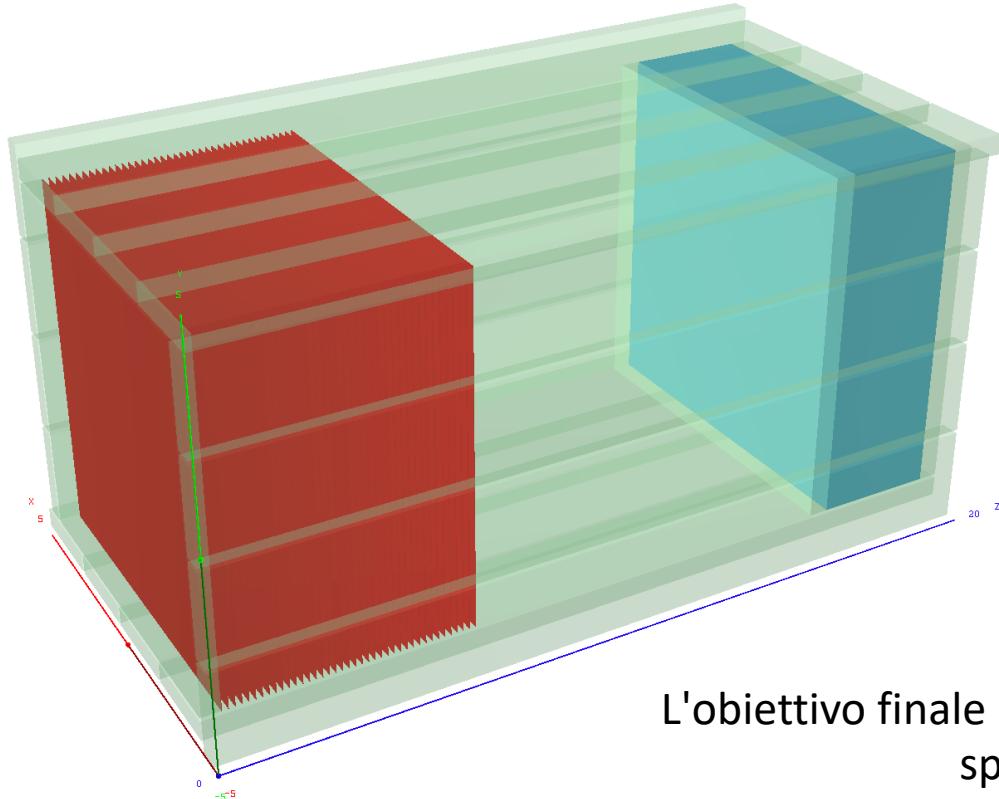
rivelatore al  
silicio da 300 μm  
"tradizionale"  
(PIN) senza gain



# Rivelatori al silicio con timing

Attività in corso / tesi possibili:

- Sviluppo di algoritmi di separazione e-/p+ tramite lo studio temporale dei segnali nel tracciatore
- Ottimizzazione della geometria delle strip di rivelazione
- Test di laboratorio con elettronica veloce e/o rivelatori LGAD



L'obiettivo finale è mandare questo tipo di rivelatori nello spazio, ad esempio a bordo di un CubeSAT

# Sviluppo e applicazioni di rivelatori per astro-particelle

## Telescopio per raggi cosmici per divulgazione scientifica:

- Sviluppo di un sistema di acquisizione a basso costo (Arduino, FPGA, ...)
- Sviluppo del software di acquisizione su PC a basso costo (C++, Python + RaspberryPI)
- Integrazione e calibrazione del prototipo completo

## Esperimenti futuri di raggi cosmici nello spazio:

- Impatto/ottimizzazione della geometria di HERD/ALADInO tramite simulazione MC
- Studio delle prestazioni di HERD/ALADInO
- Sviluppo della ricostruzione di calorimetro e tracciatore di HERD
- Sviluppo del software di simulazione MC di PAN
- Analisi dei dati simulati e studio delle prestazioni di PAN
- Caratterizzazione dei moduli al silicio di PAN
- Sviluppo sistema di acquisizione di PAN
- Partecipazione ai test su fascio di particelle (CERN, CNAO, ...) e successiva analisi dati

G. Ambrosi: [giovanni.ambrosi@pg.infn.it](mailto:giovanni.ambrosi@pg.infn.it)

M. Duranti: [matteo.duranti@infn.it](mailto:matteo.duranti@infn.it)

E. Fiandrini: [emanuele.fiandrini@unipg.it](mailto:emanuele.fiandrini@unipg.it)

e in collaborazione con

V. Vagelli: [valerio.vagelli@asi.it](mailto:valerio.vagelli@asi.it)

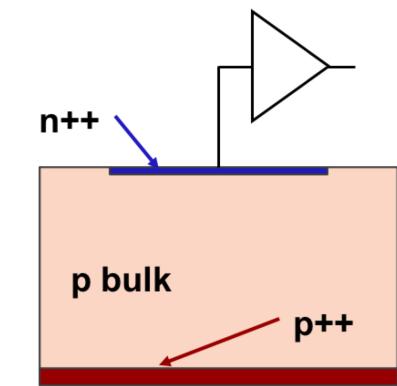


## Rivelatori al silicio per timing:

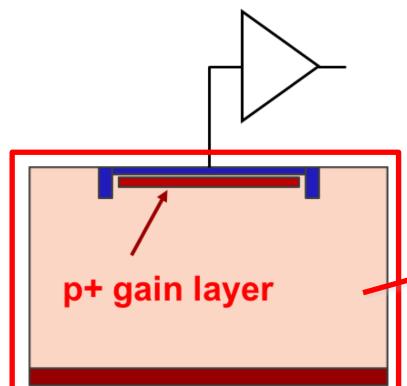
- Sviluppo di algoritmi di separazione  $e^-/p^+$  tramite lo studio temporale dei segnali nel tracciatore
- Ottimizzazione della geometria delle strip di rivelazione
- Test di laboratorio con elettronica veloce e/o rivelatori LGAD

**Backup**

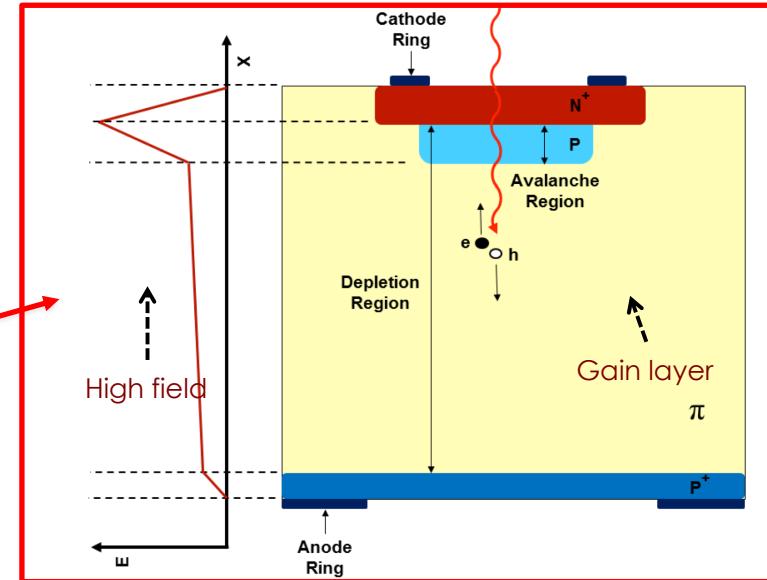
# Rivelatori al silicio con timing



Traditional silicon diode



Low Gain Avalanche Diode



## LGAD: Ultra Fast Silicon Detectors

