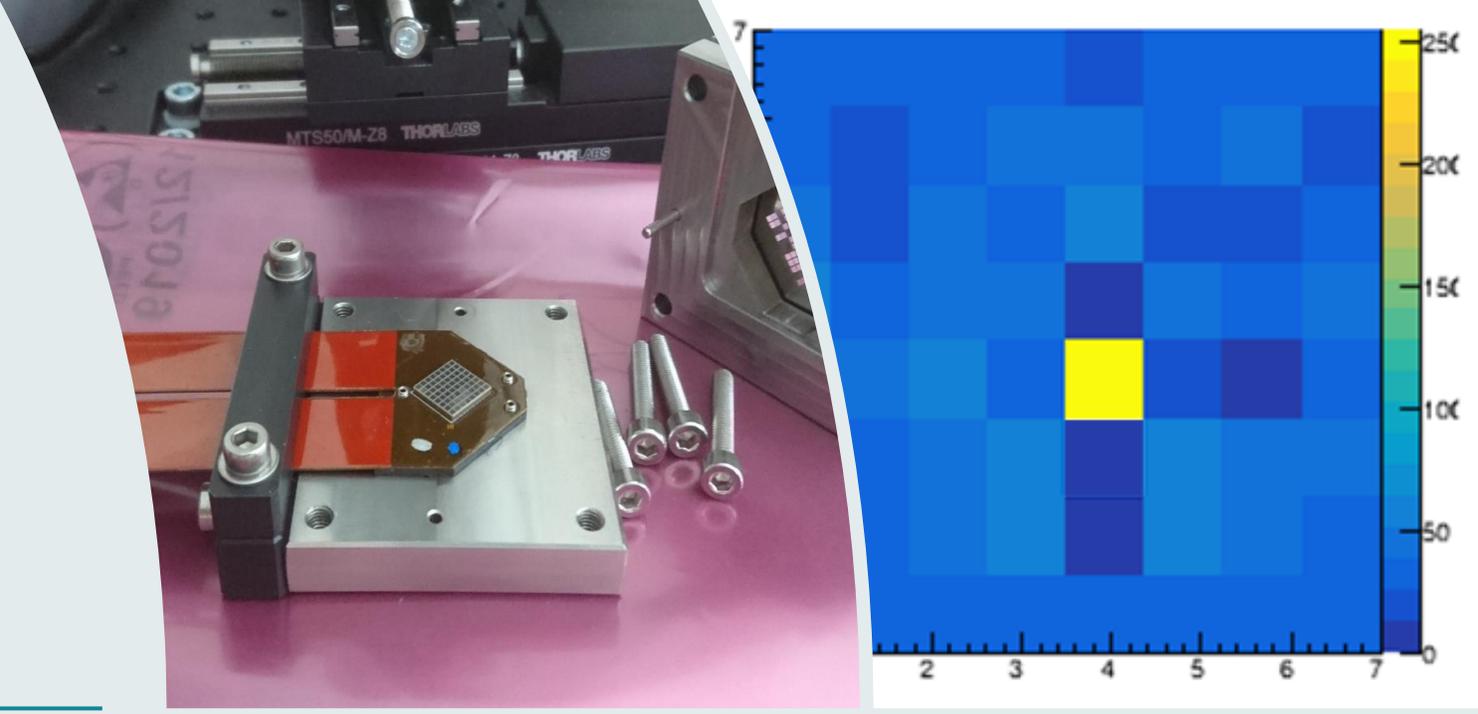


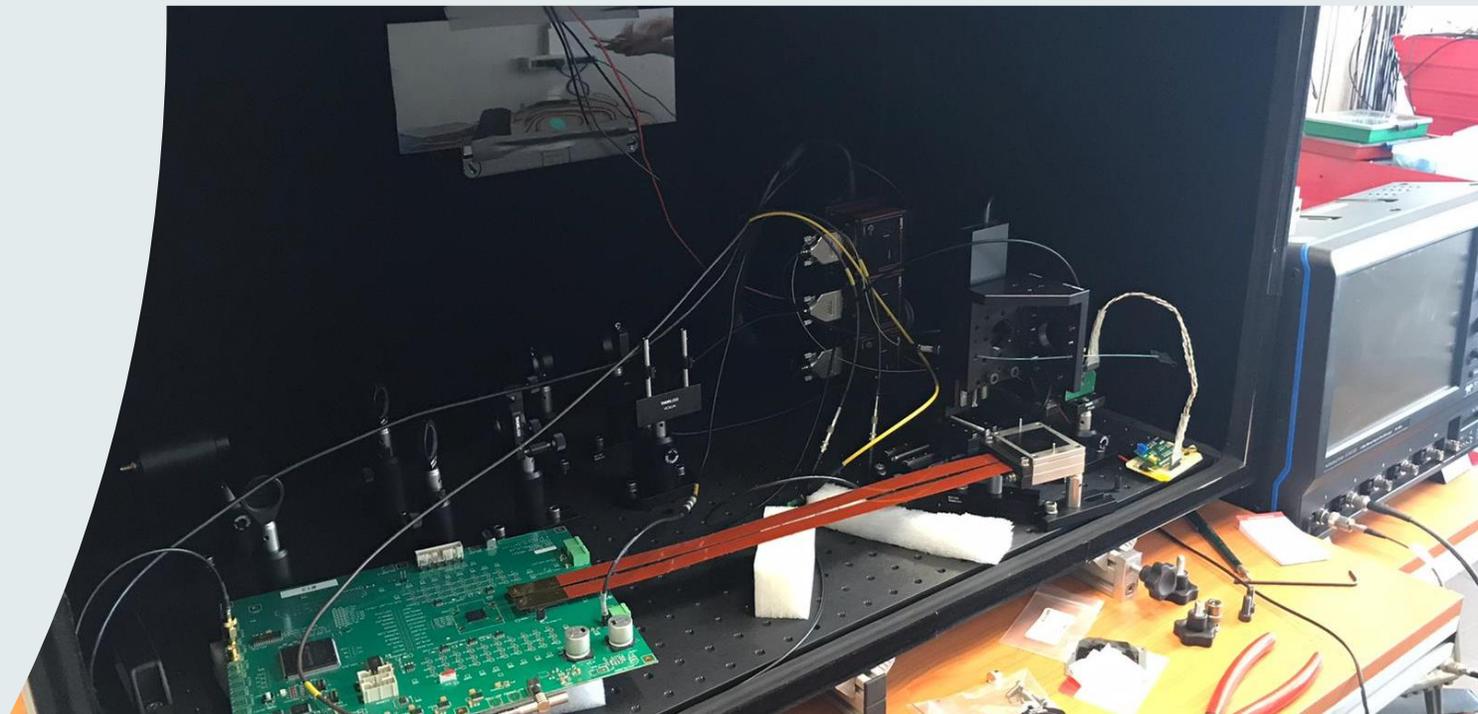
Studio di un sistema per  
VUV-imaging in Argon  
liquido per esperimenti di  
oscillazione dei neutrini.



Valerio Pia  
Università di Bologna ed INFN Bologna

106° Congresso Nazionale  
Società Italiana di Fisica

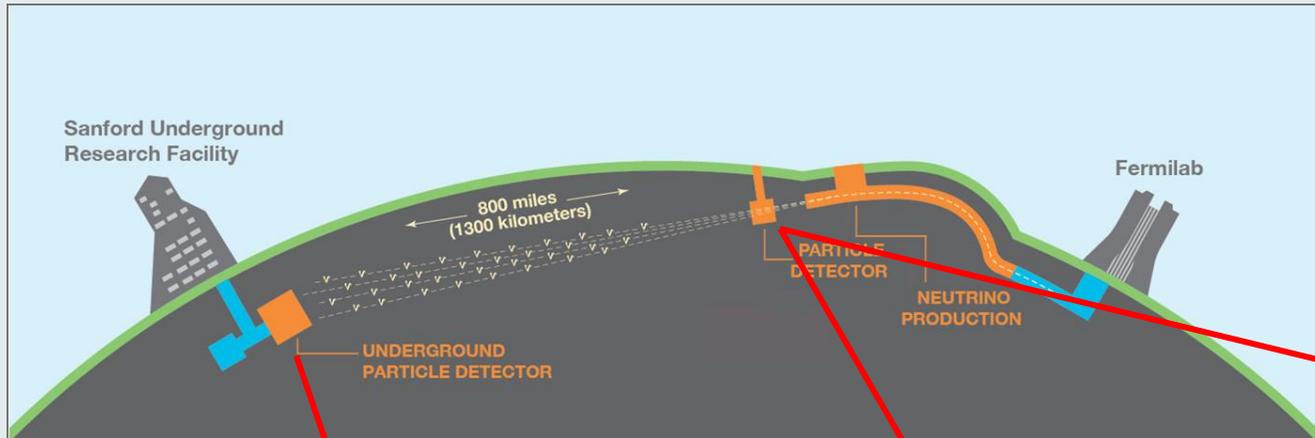
14-18 Settembre 2020



# Oscillazioni dei neutrini e DUNE

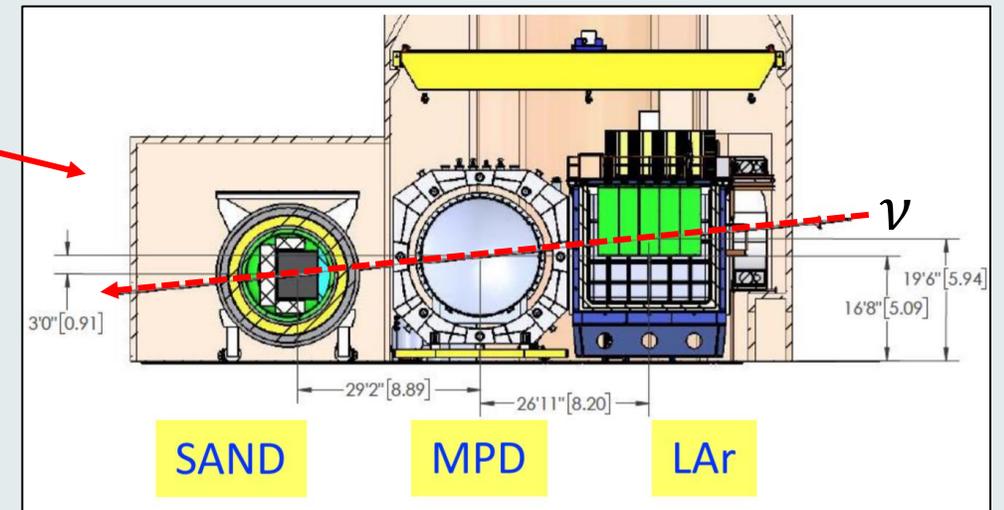
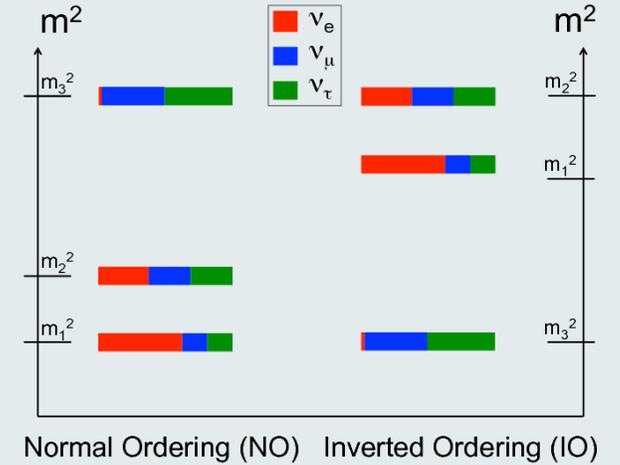
Il fenomeno delle oscillazioni dei neutrino è la prova della **massa non nulla** dei neutrini e che il Modello Standard deve essere esteso.

L'esperimento DUNE ha tra i suoi obiettivi quello di misurare i parametri non ancora noti di questo fenomeno:  $\delta_{CP}$ ,  $\text{sign}(\Delta m_{23}^2)$ .



Far Detector  
Multi kt LArTPC

Near Detector  
Detector on-/off-axis  
Vincoli sulle sistematiche (<3%)



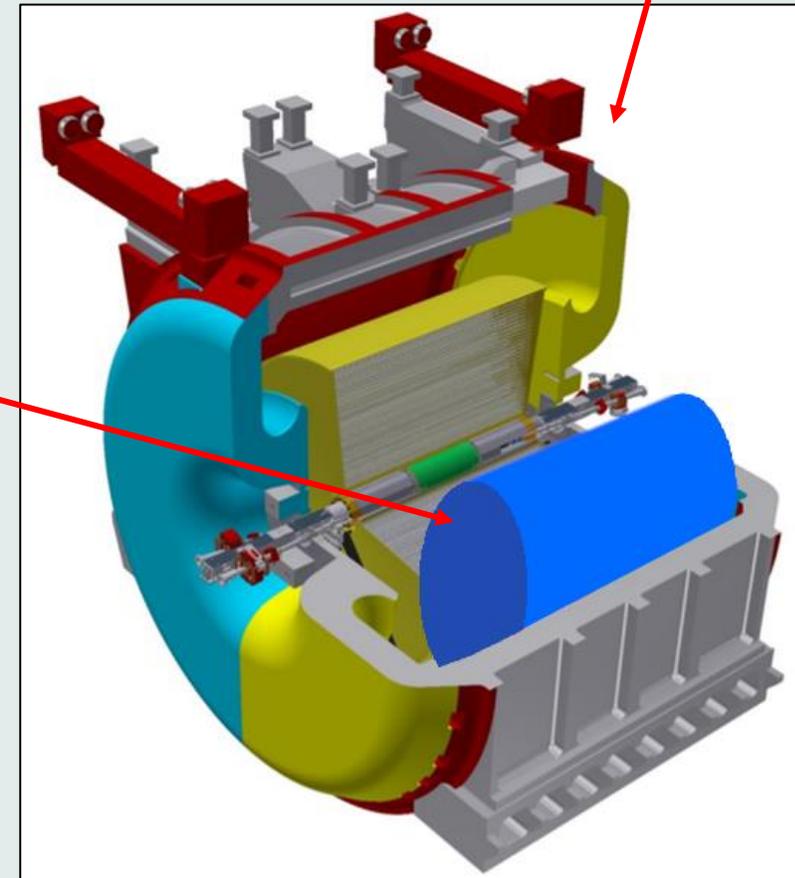
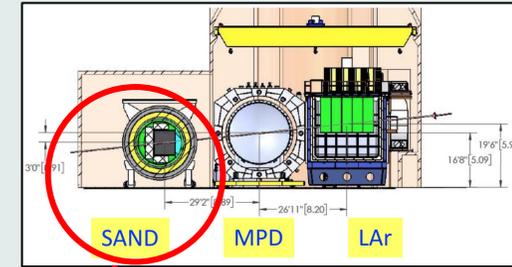
# DUNE Near Detector e SAND

Requisiti Near Detector:

- misure del flusso di neutrini ( $\nu/\bar{\nu}$  e discriminazione sapore)
- possibilità di lavorare con flussi di particelle ad alta intensità
- misure di sezione d'urto  $\nu/Ar$

SAND: System for on Axis Neutrino Detection include un bersaglio attivo di **~1 t di Argon liquido** (menisco) che sfrutta una tecnica di rivelazione innovativa.

Questa tecnica consentirebbe di superare i limiti delle LArTPC (purezza, pile up in situazioni di elevato rate di eventi).



# Menisco ad Argon liquido

L'idea è di sfruttare esclusivamente la **luce di scintillazione** emessa in argon liquido per ricostruire gli eventi.

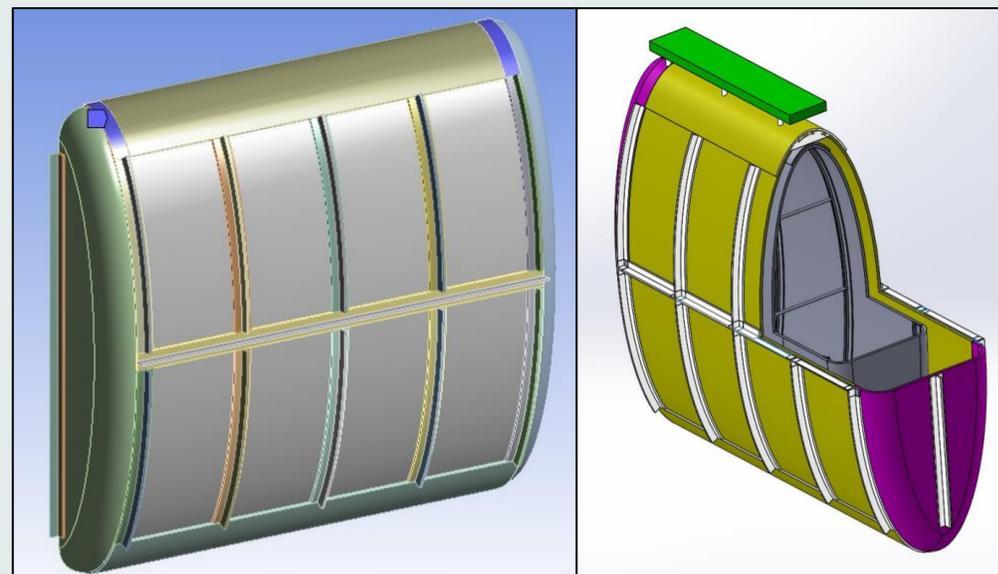
Il Menisco di SAND deve essere accoppiato ad un **sistema ottico** in grado di raccogliere la luce ed effettuare la **ricostruzione 3D** degli eventi.

## Requisiti Sistema Ottico

Elevata efficienza @ 128 nm

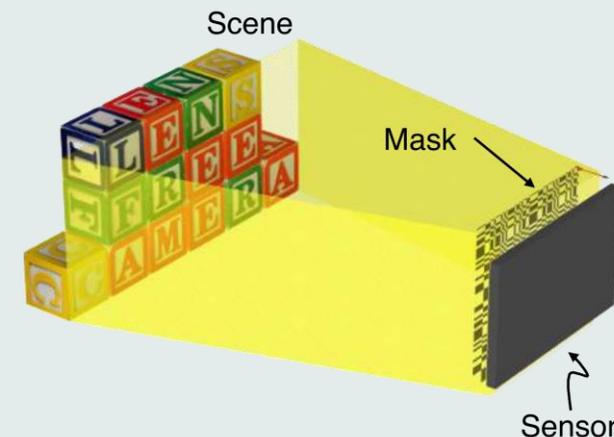
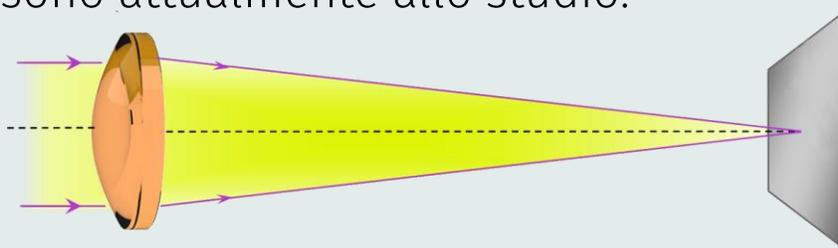
Grande profondità di campo

Possibilità di lavorare a temperatura criogenica



Tre differenti tipi di sistemi ottici sono attualmente allo studio:

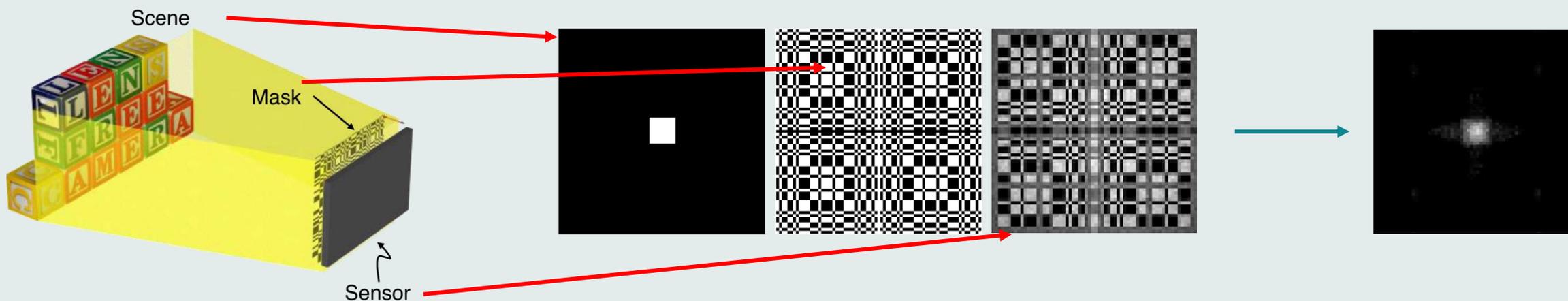
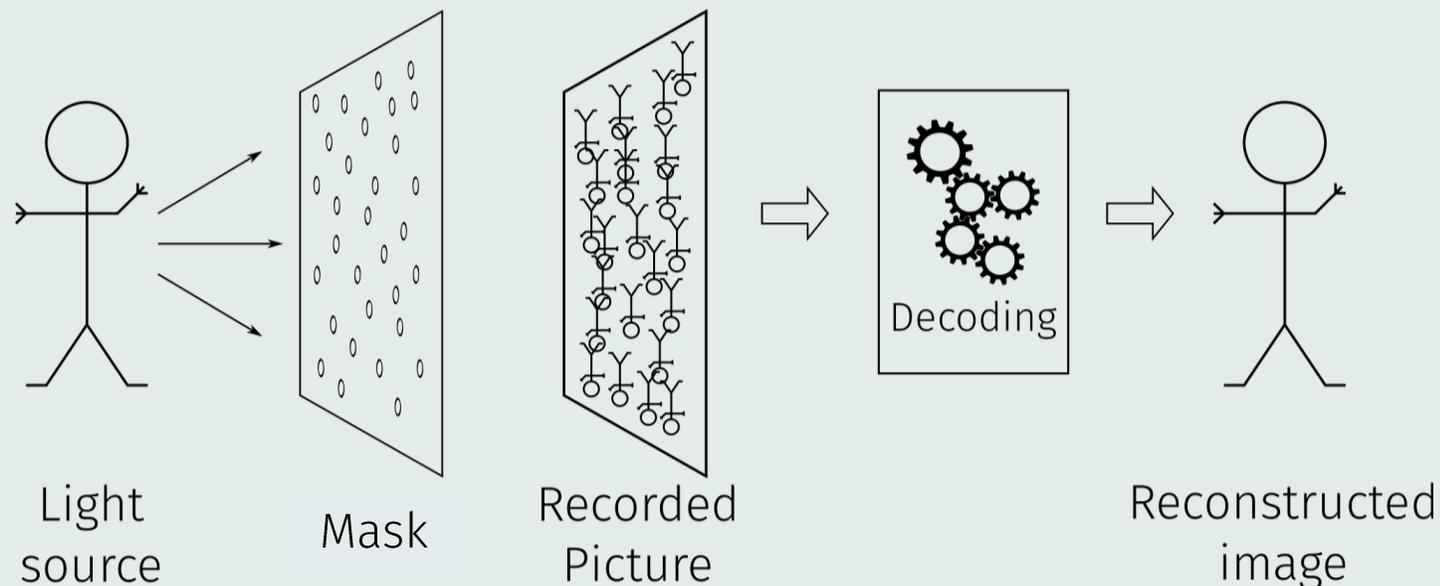
- lenti
- specchi
- **coded aperture technique**



# Coded Aperture Technique

Estensione delle camere stenopeiche in cui si usano più fori al posto di uno singolo.

Pattern specifici di fori (maschere) permettono di decodificare la risposta del sensore e ricostruire l'immagine originale.

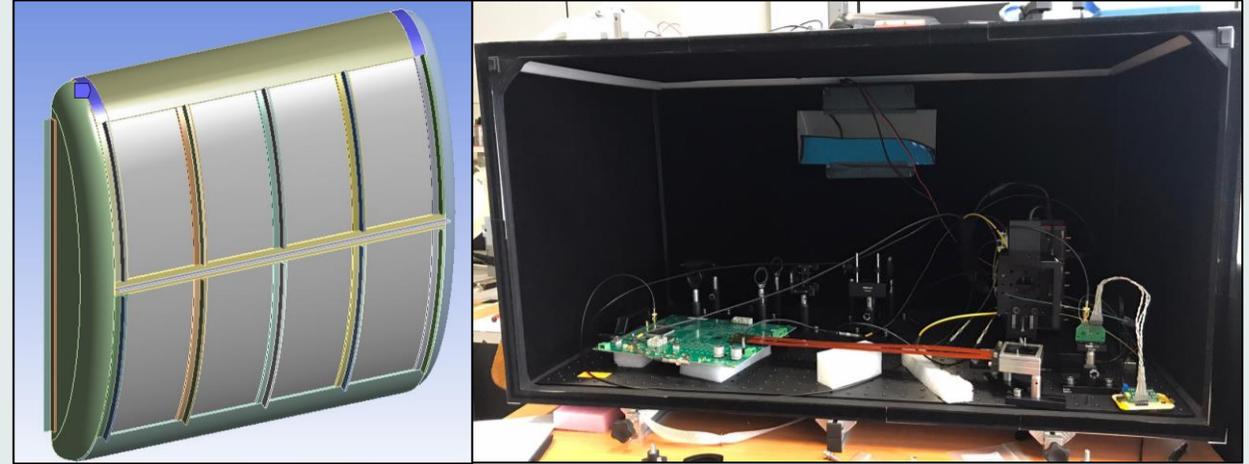


# Simulazione

Realizzata una simulazione in Geant4 per studiare la capacità di ricostruzione delle camere coded aperture.

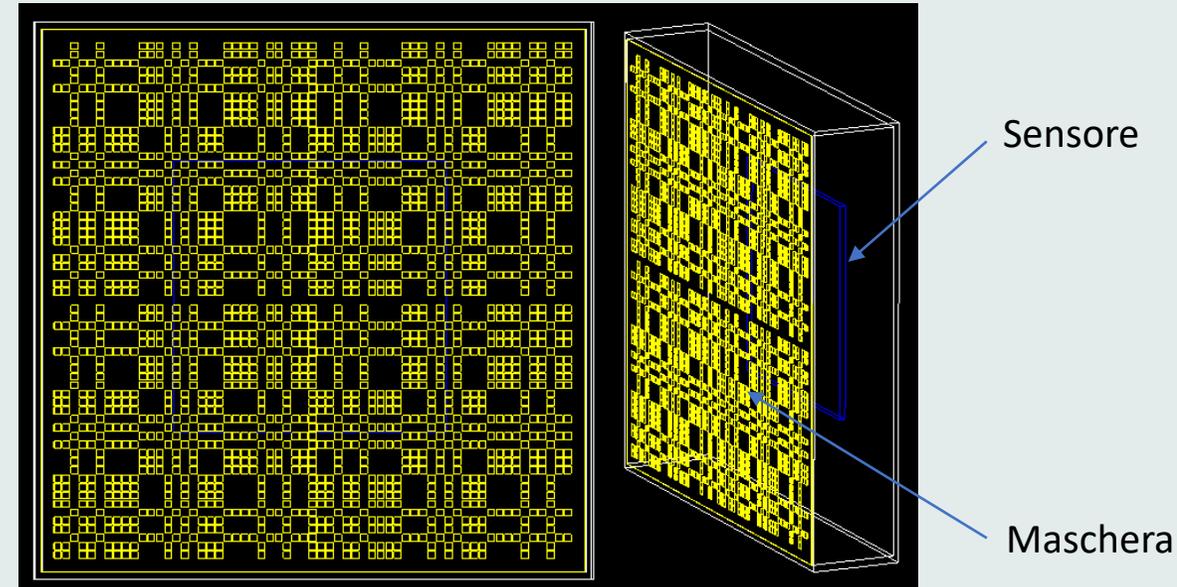
Due configurazioni studiate:

- menisco ad Argon liquido ( $T = \sim 87$  K)
- prototipo a temperatura ambiente



La simulazione include:

- Geometria della camera (= maschera + sensore)
- Emissione e propagazione dei fotoni da scintillazione
- Efficienza quantica del sensore (matrice di SiPM)



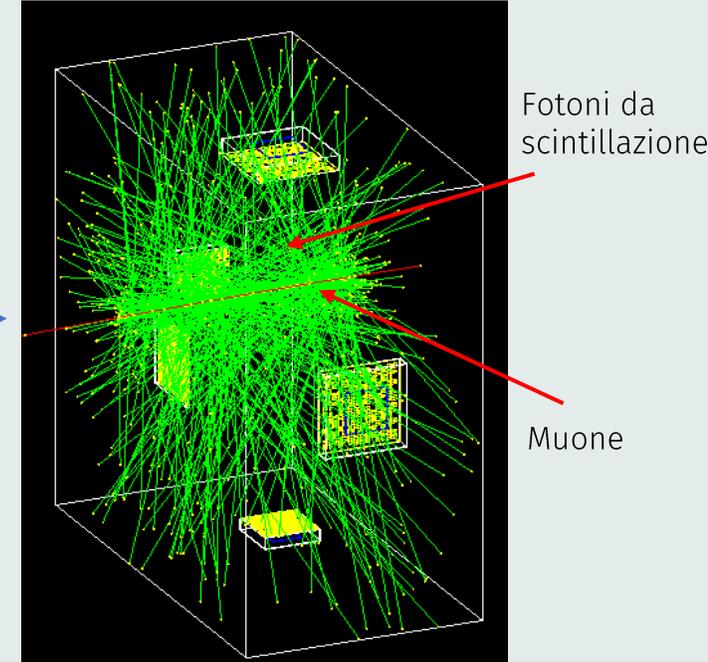
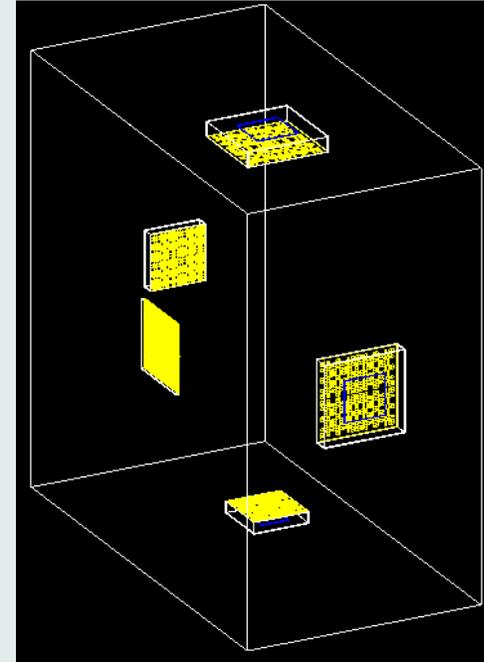
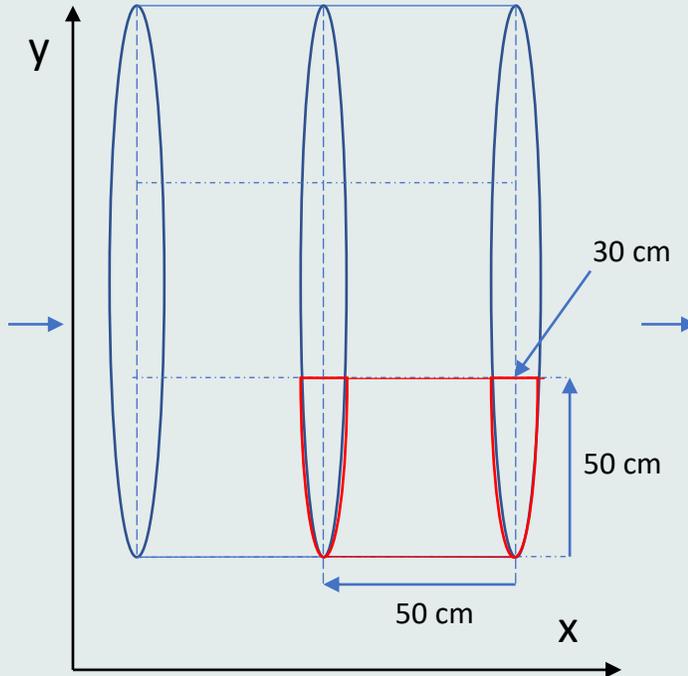
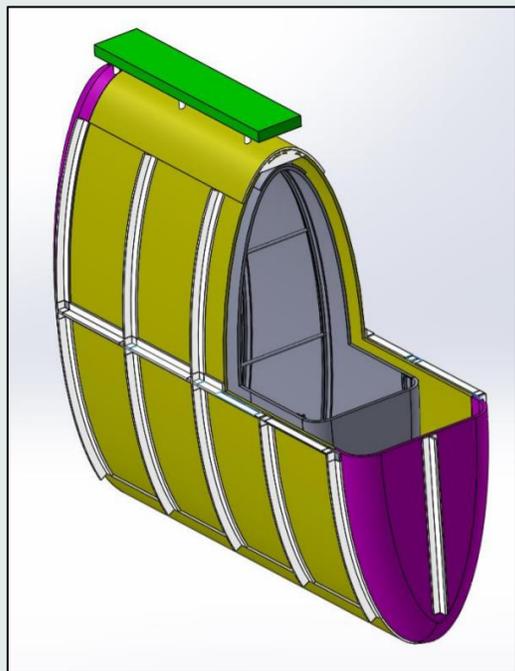
# Simulazione Menisco

Il volume del menisco è stato suddiviso virtualmente in volumi più piccoli.

Ogni volume è stato equipaggiato con 5 camere (= maschera + sensore).

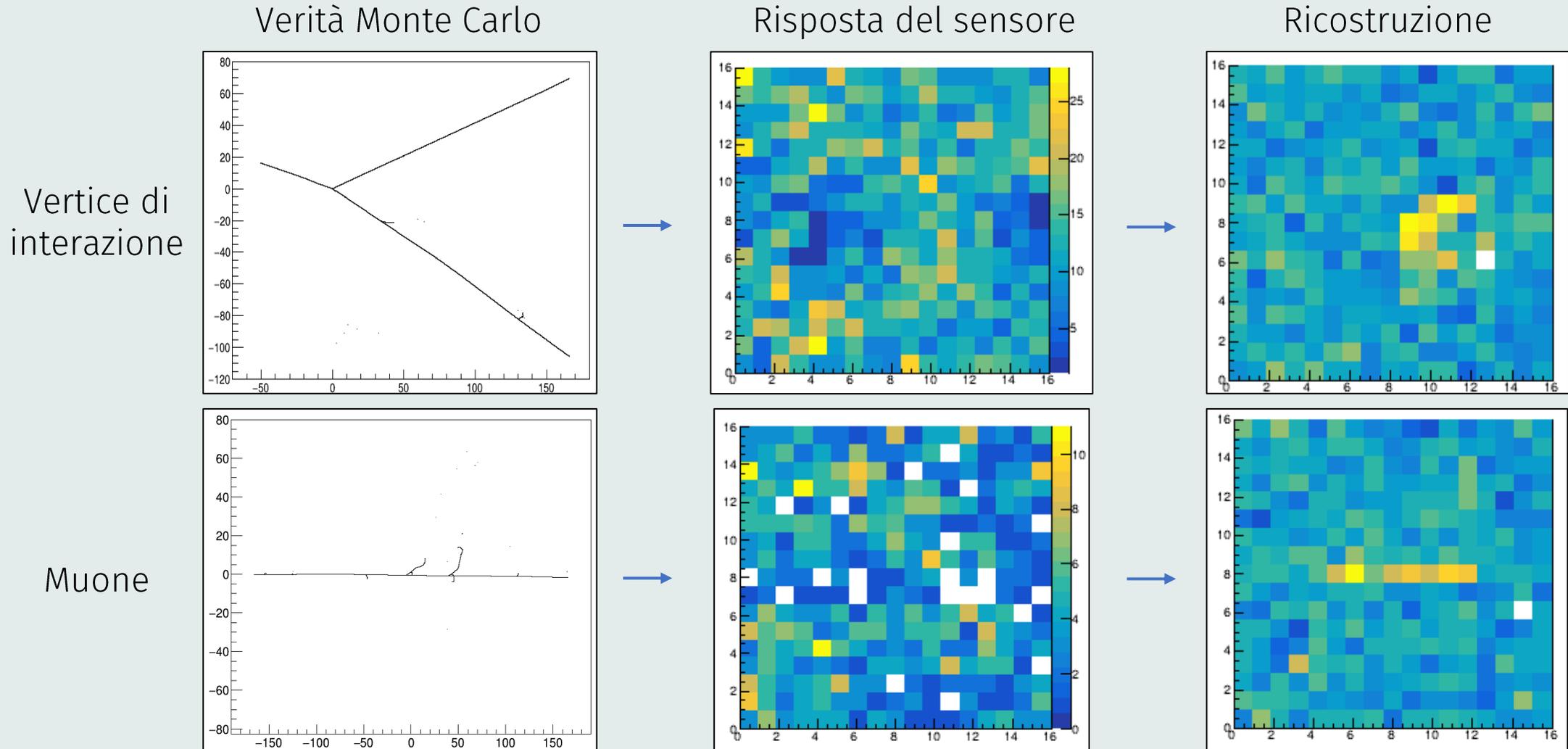
È stato simulato il passaggio di muoni da 1 GeV o interazioni di neutrini prodotte con GENIE.

È stato determinato il numero di fotoni su ciascun sensore.



# Risultati simulazione

La risposta del sensore è stata usata per ottenere l'immagine ricostruita tramite il processo di decodifica.

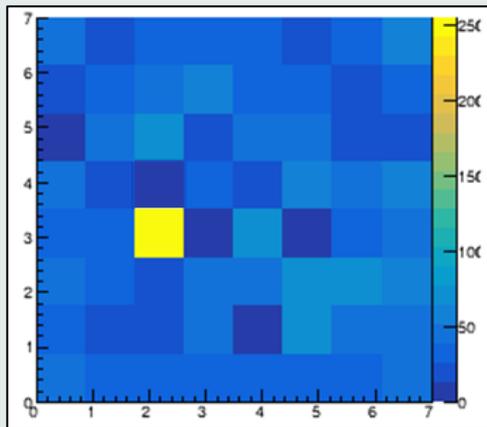
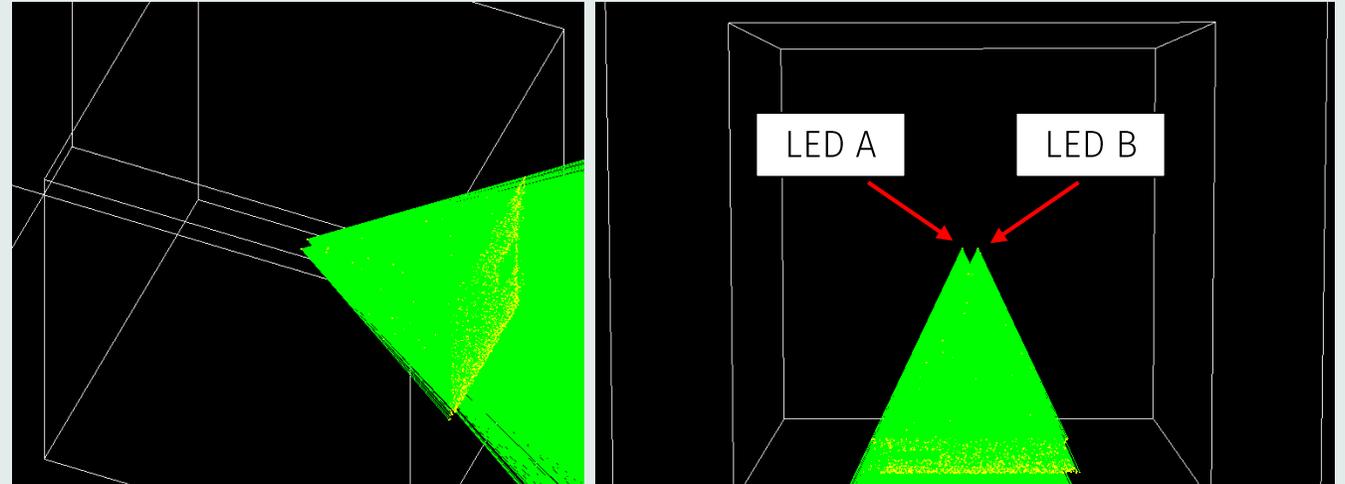


# Simulazione prototipo

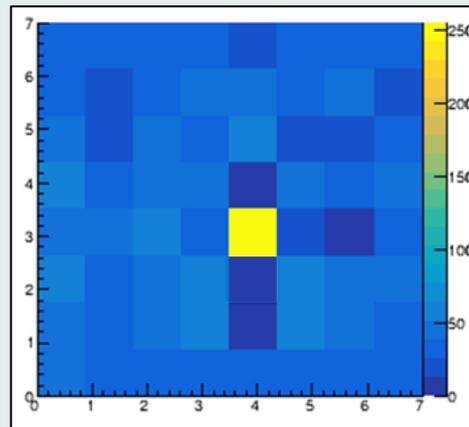
Lo scopo del prototipo è quello di verificare il corretto funzionamento del sistema ottico utilizzando dei LED.

I LED sono stati simulati come due spot luminosi in Geant4.

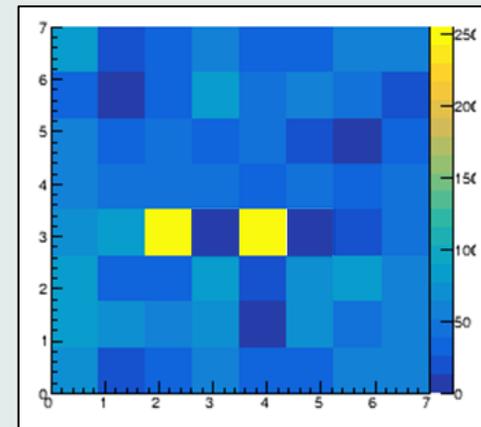
La capacità di ricostruzione è stata studiata sia nel caso di LED singolo che nel caso in cui entrambi siano accesi.



LED A



LED B

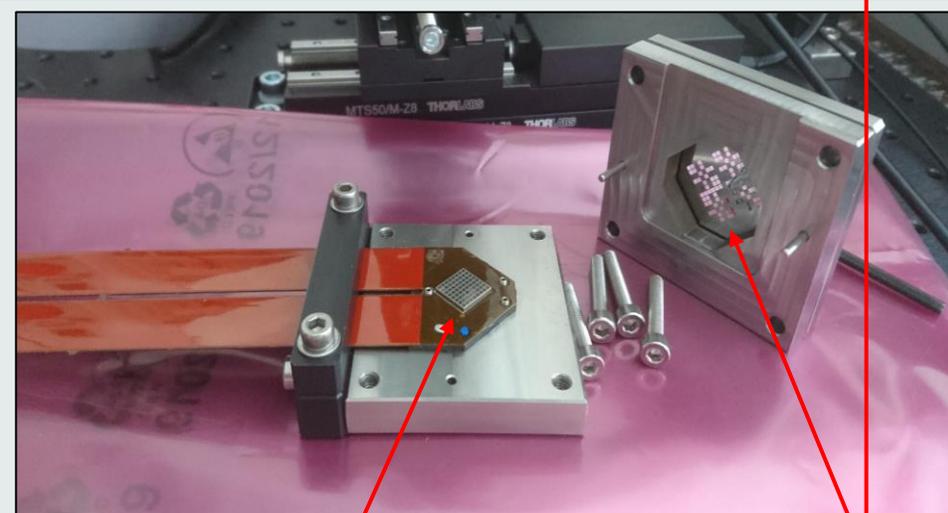
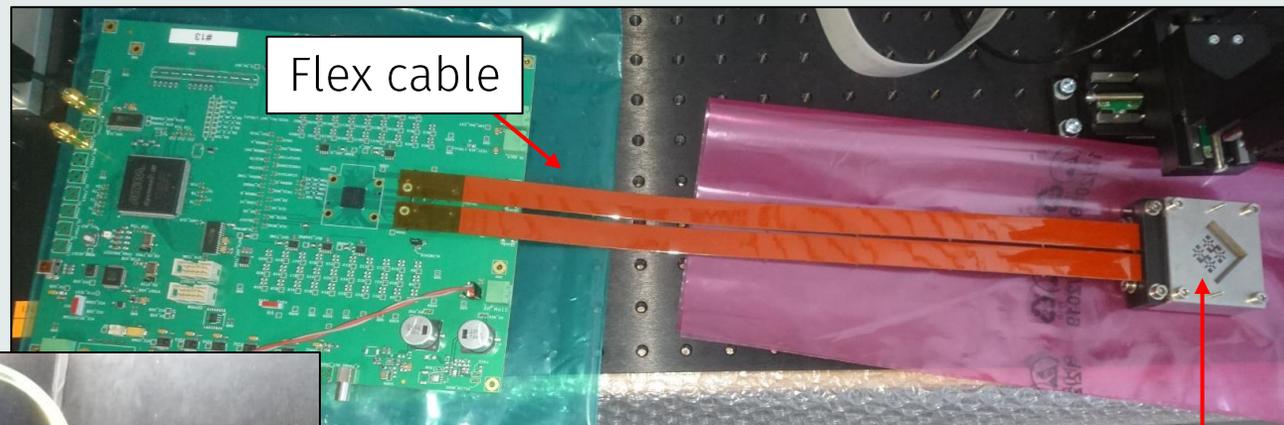
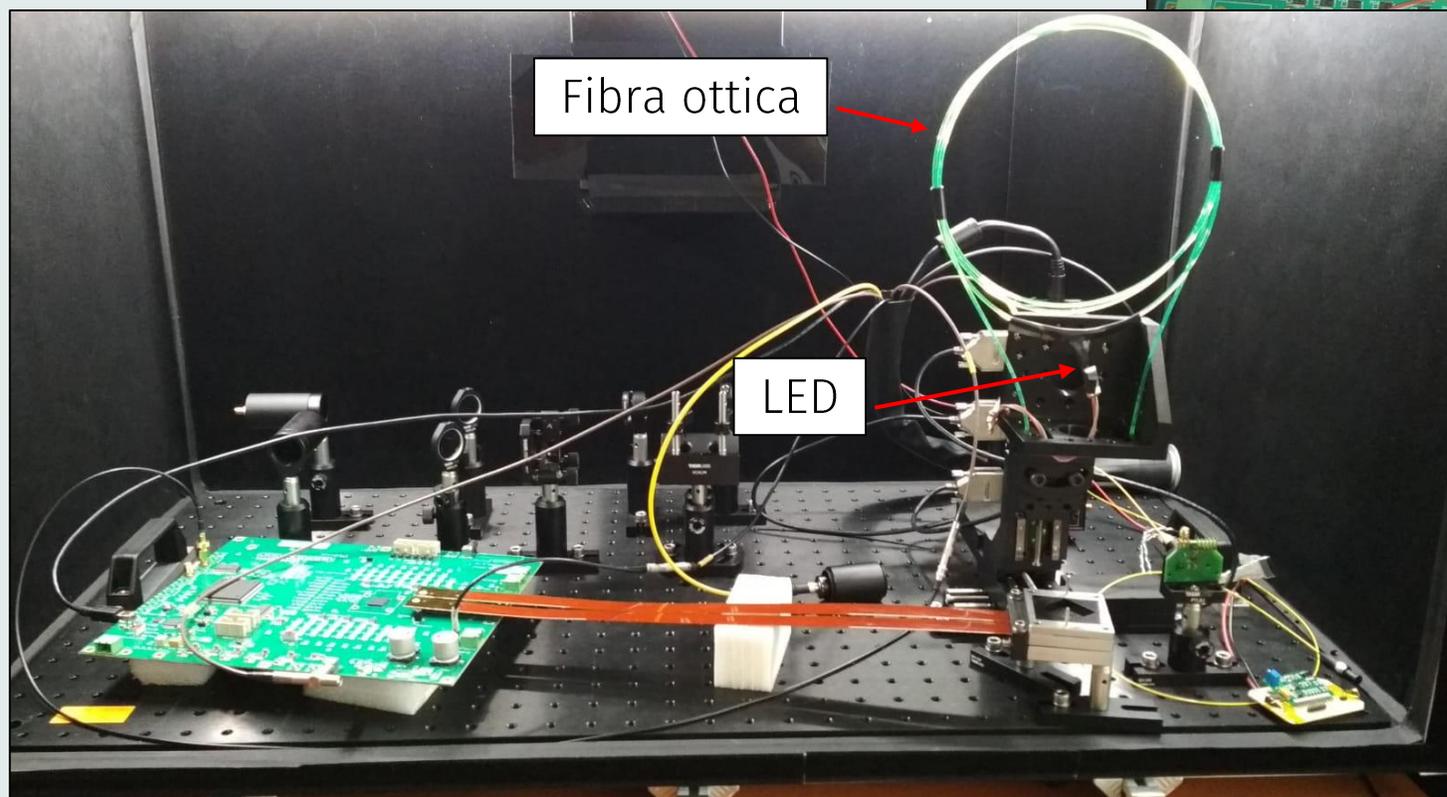


LED A+B

# Setup prototipo a temperatura ambiente

Progettato e realizzato un supporto per maschera e sensore connessi con un flex cable a un ASIC.

Fibre e LED usati come sorgenti luminose per la camera.



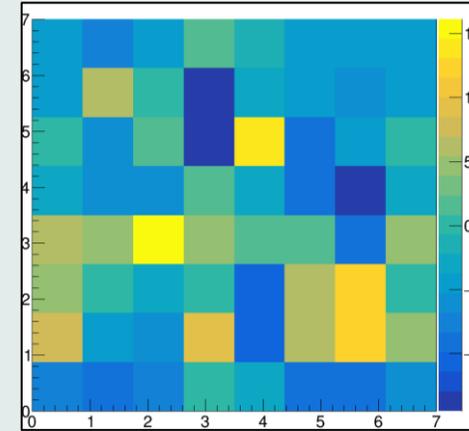
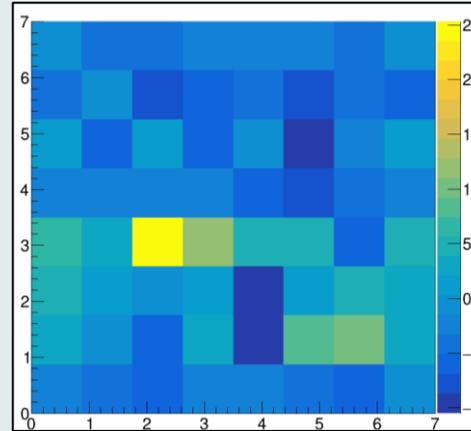
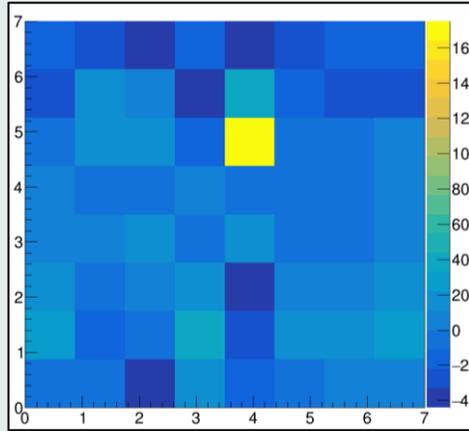
8x8 SiPM Matrix  
area SiPM singolo = 1x1 mm<sup>2</sup>

Mask

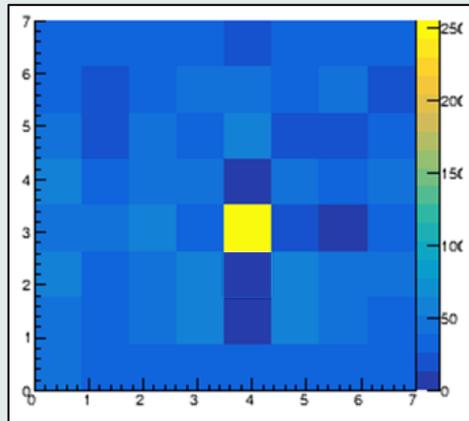
# Risultati

Sono state effettuate misure con sorgente singola e con due sorgenti luminose.

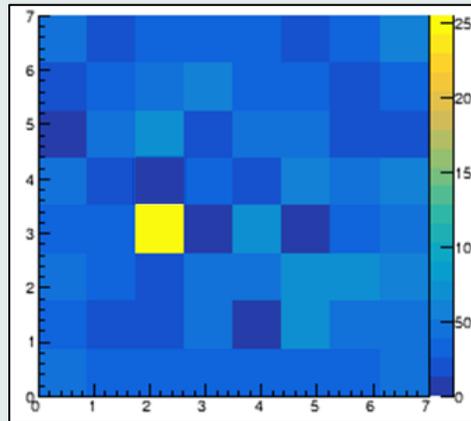
Misure  
con prototipo  
a T ambiente



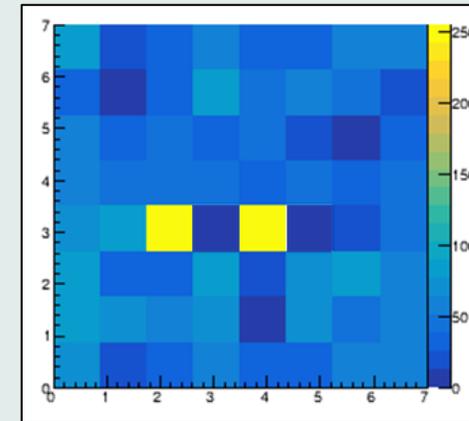
Simulazione



LED A



LED B



LED A+B

# Conclusioni

---

- Investigato un nuovo sistema di imaging da applicare ad esperimenti sui neutrini basato sulla *coded aperture technique*.
- Simulazione completa in Geant4 di un bersaglio attivo LAr in DUNE-SAND.
- Progettato e realizzato un prototipo a temperatura ambiente per la validazione della tecnica sfruttando una matrice di SiPM illuminata da LED.
- I primi risultati sperimentali sono incoraggianti e in accordo con quanto atteso dalla simulazione.
- Sono allo studio anche altri sistemi ottici (specchi, lenti, ...).