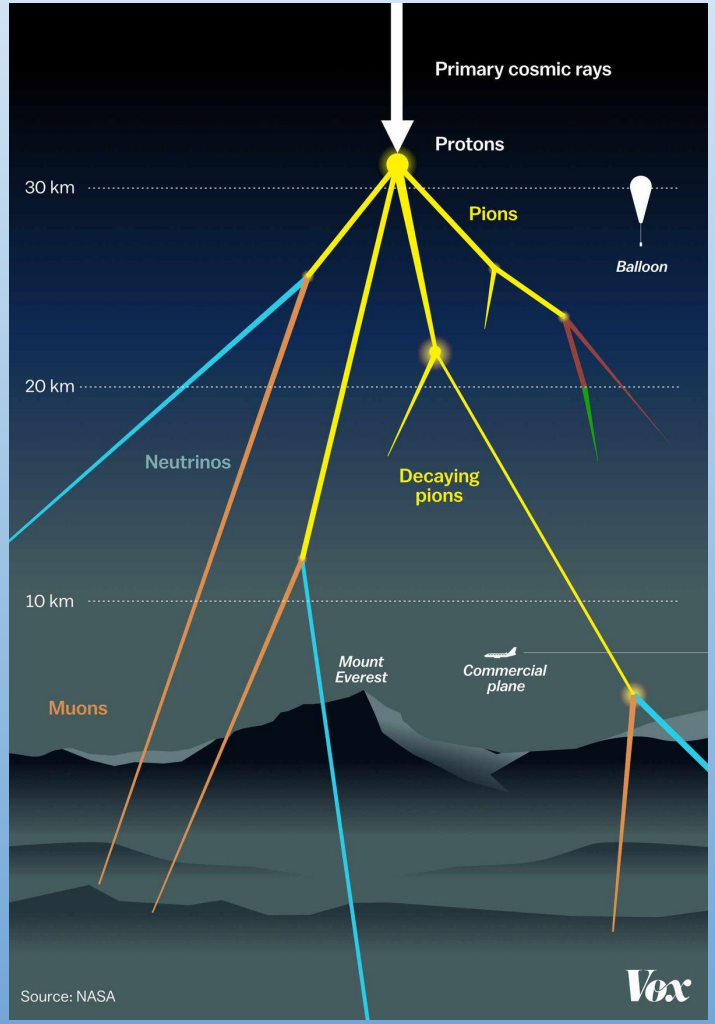
International Cosmic Days 2024

Cosmic Ray Cube

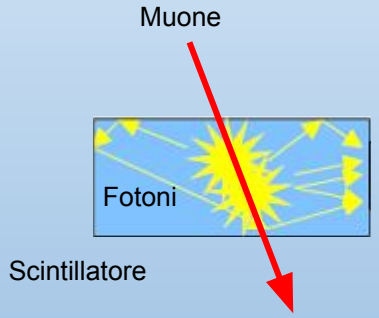
Cosa sono i raggi cosmici?

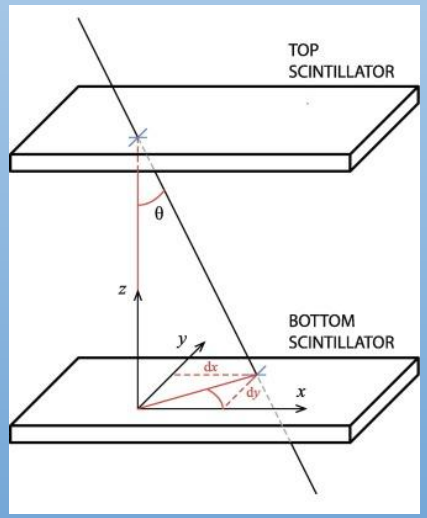
- I Raggi Cosmici sono particelle e nuclei atomici di alta energia che colpiscono la Terra da ogni direzione.
- L'origine è sia galattica che extragalattica.
- Quando i Raggi Cosmici collidono con i nuclei dell'atmosfera creano uno sciame di particelle secondarie.
- Durata dello sciame di particelle pochi miliardesimi (10^{-9}) di secondo.
- I muoni ($\mu^{\pm}$) arrivano fino alla superficie terrestre e li possiamo rivelare.



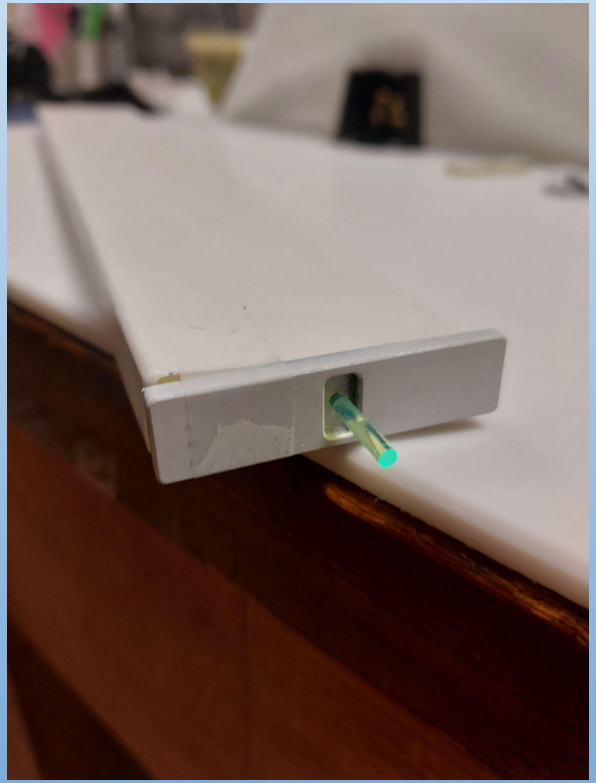
Come riusciamo a “vedere” i muoni?

Scintillatori





- La scintillazione è un fenomeno fisico in cui un materiale emette luce visibile o ultravioletta dopo essere stato eccitato da una particella carica o da un fotone.
- Una particella carica che attraversa uno scintillatore plastico cede parte della propria energia. Tale energia viene convertita in luce all'interno dello scintillatore.
- Gli scintillatori sono trasparenti alla luce che emettono per scintillazione
- Utilizzando più scintillatori è possibile "misurare" il percorso della particella.

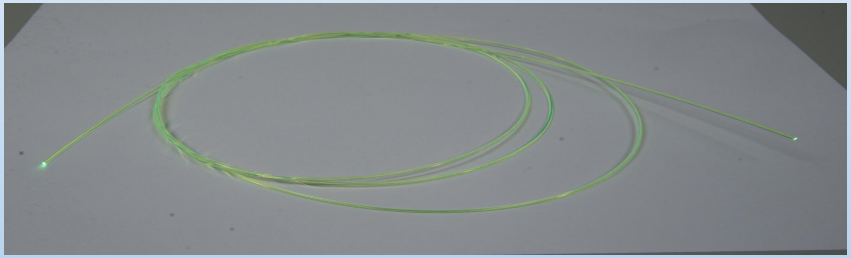


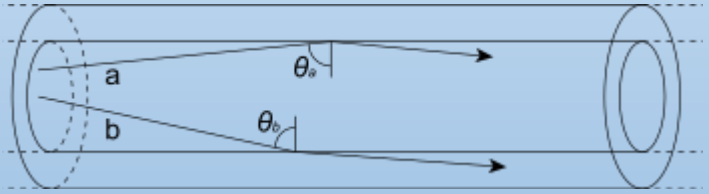
Fibre ottiche

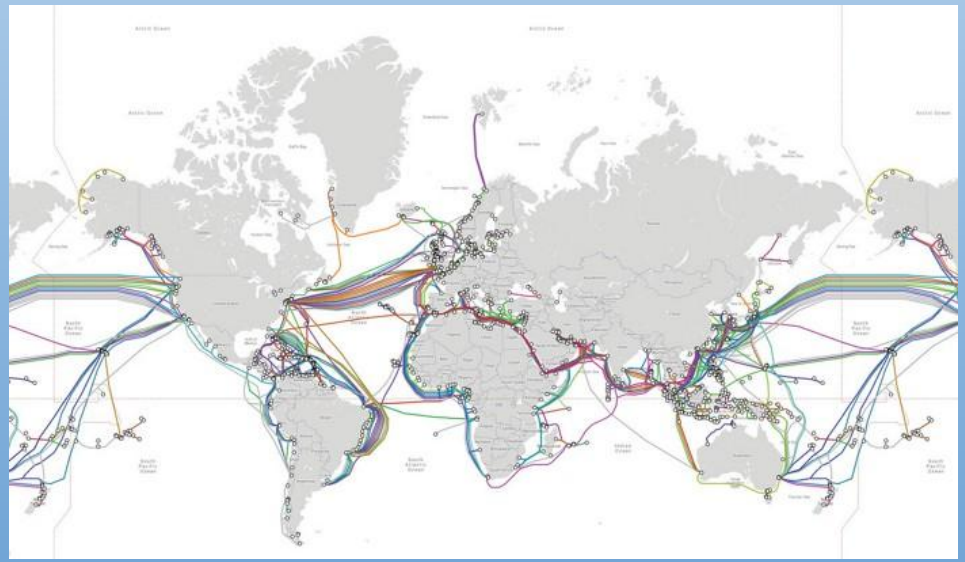
- Portano la luce alle estremità in modo che possa essere letta da dei dispositivi (SiPM).

- Spostano la lunghezza d'onda della luce di scintillazione (tipicamente il blu) verso lunghezze d'onda che sono adeguate alla sensibilità del sensore che andrà a "leggere" la luce (tipicamente il verde).

- Riflessione totale interna, per cui la luce rimane intrappolata finché questa mantiene un angolo abbastanza radente.



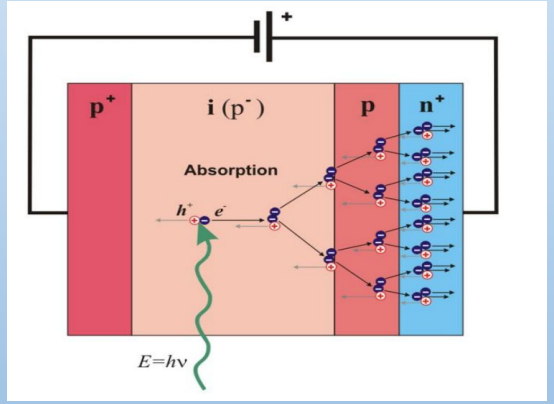


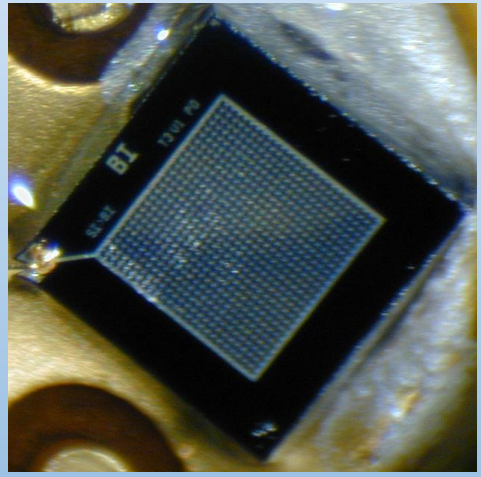


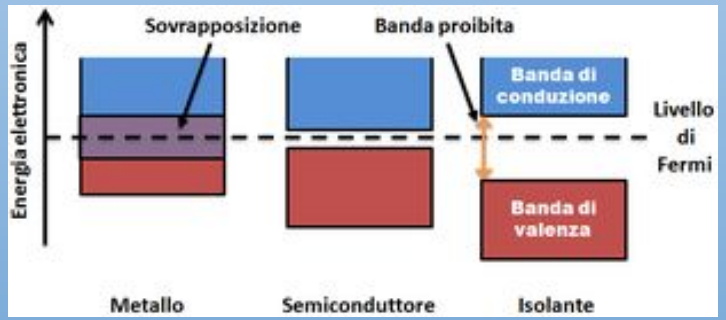
Come possiamo utilizzare la luce prodotta dagli scintillatori?

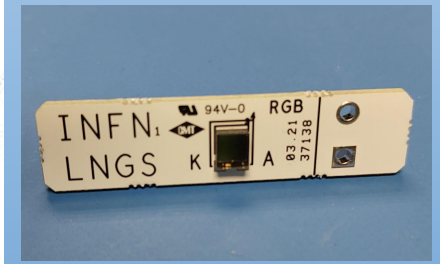
SiPM (Silicon Photomultiplier)

- Sono matrici di rivelatori basati su semiconduttori e diodi.
- Il diodo semplice è un componente elettronico la cui funzione ideale è quella di permettere il flusso di corrente elettrica in un verso e di bloccarla quasi totalmente nell'altro.
- I semiconduttori sono materiali che hanno resistività intermedia tra i metalli e gli isolanti. Nei semiconduttori la conduttività elettronica è dovuta al passaggio di alcuni elettroni dalla banda di valenza alla banda di conduzione. Alcuni esempi sono il silicio (Si) e il germanio (Ge).
- I SiPM trasformano segnali luminosi in segnali elettrici.



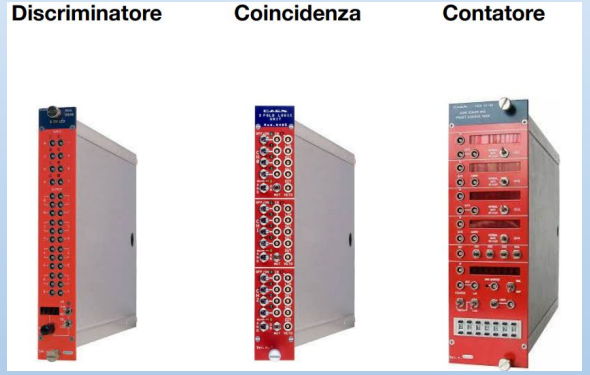


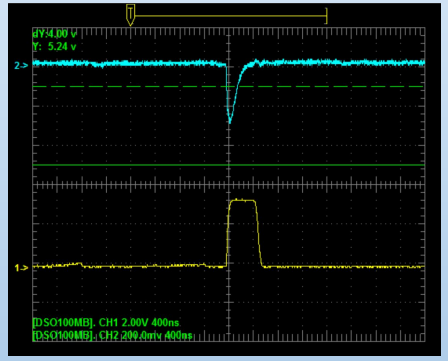




Come possiamo rendere questi segnali utilizzabili?

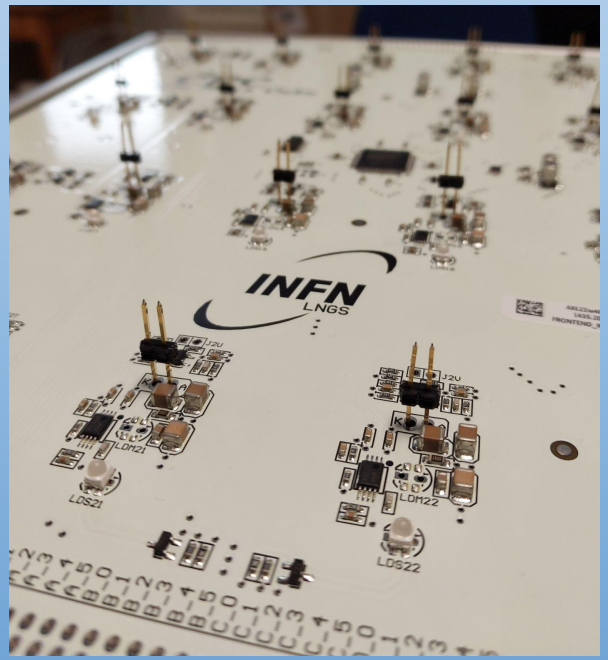
Elettronica

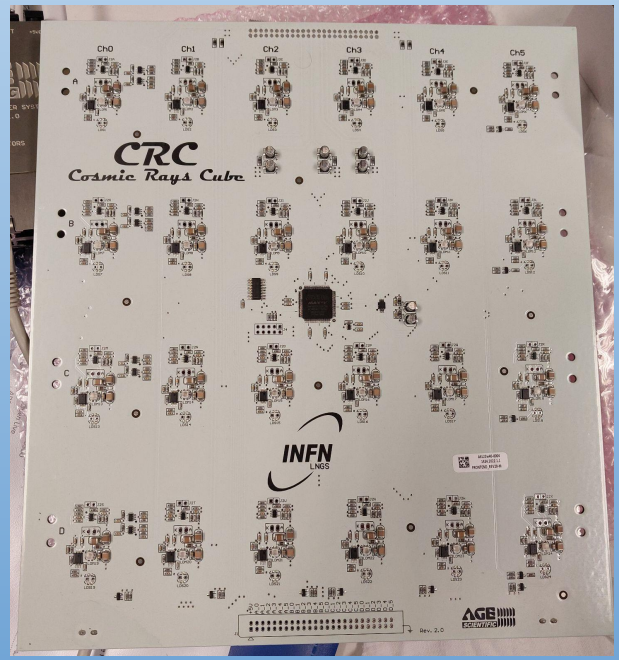




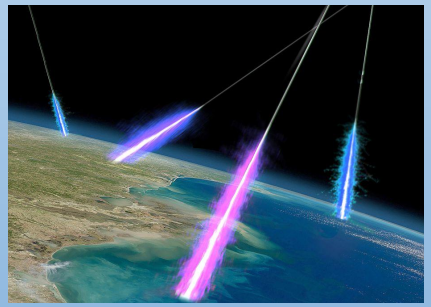
Permette di:

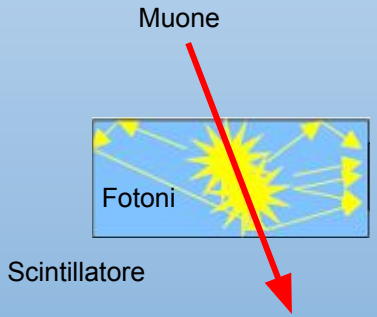
- Selezionare solo segnali che superano una certa soglia.
- Selezionare solo segnali che arrivano circa nello stesso istante su più scintillatori, in coincidenza.
- Contare il numero di eventi.

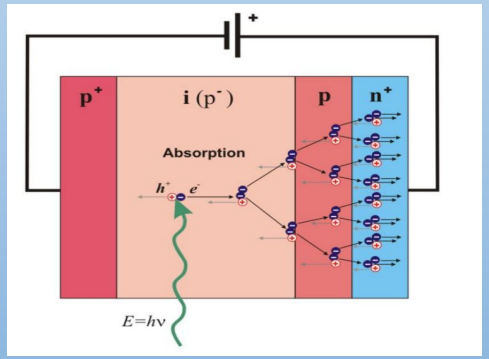


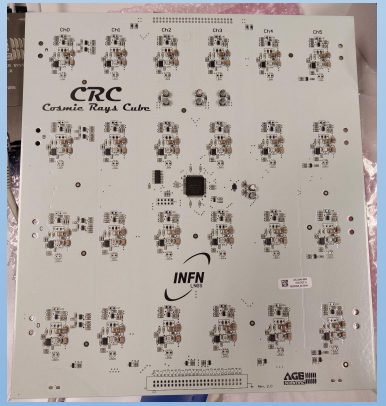


Procedimento completo





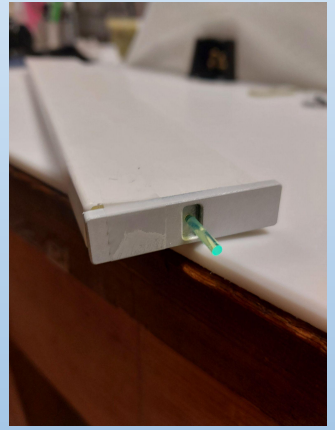


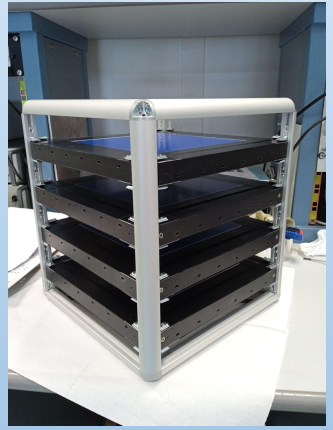


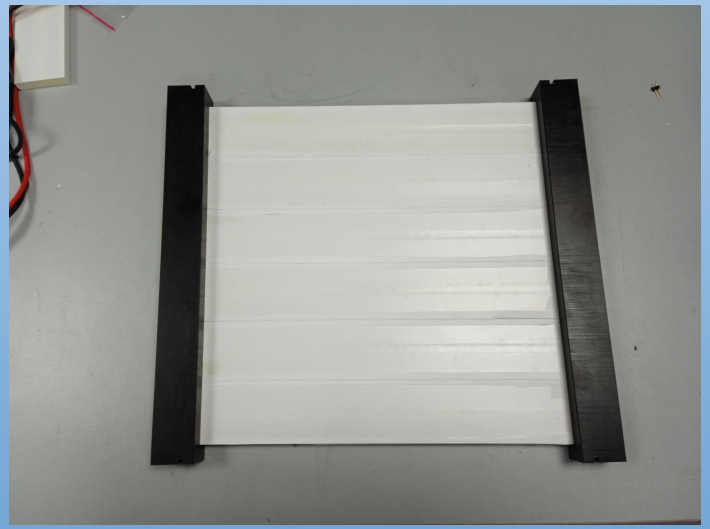
Cosmic Ray Cube

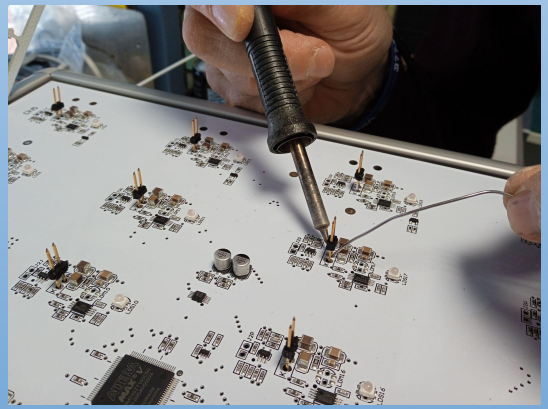
Assemblaggio

- Inserire le fibre negli scintillatori.
- Accoppiare gli scintillatori con i SiPM e inserirli nei supporti.
- Appoggiare due supporti uno sopra l’altro ortogonalmente e posizionarli nel cubo (4 piani totali).
- Collegare le schede di elettronica ai piani





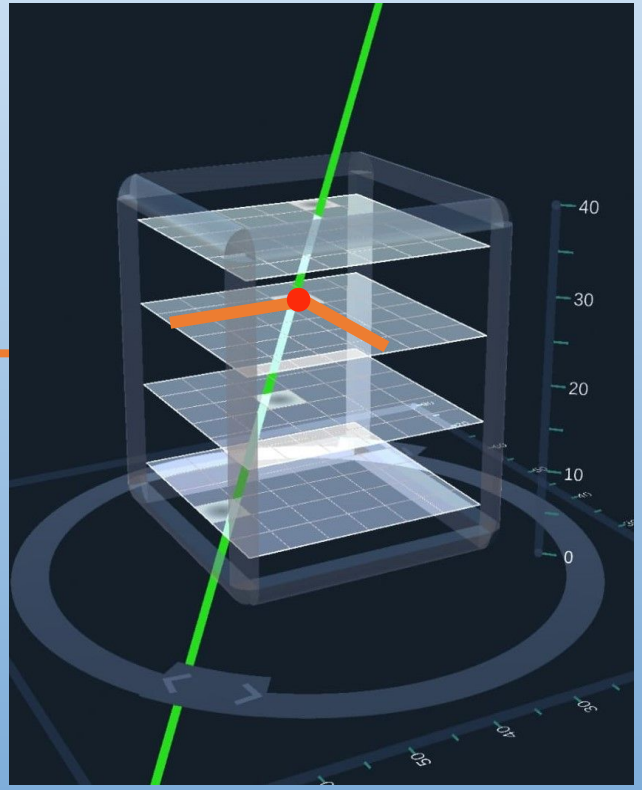


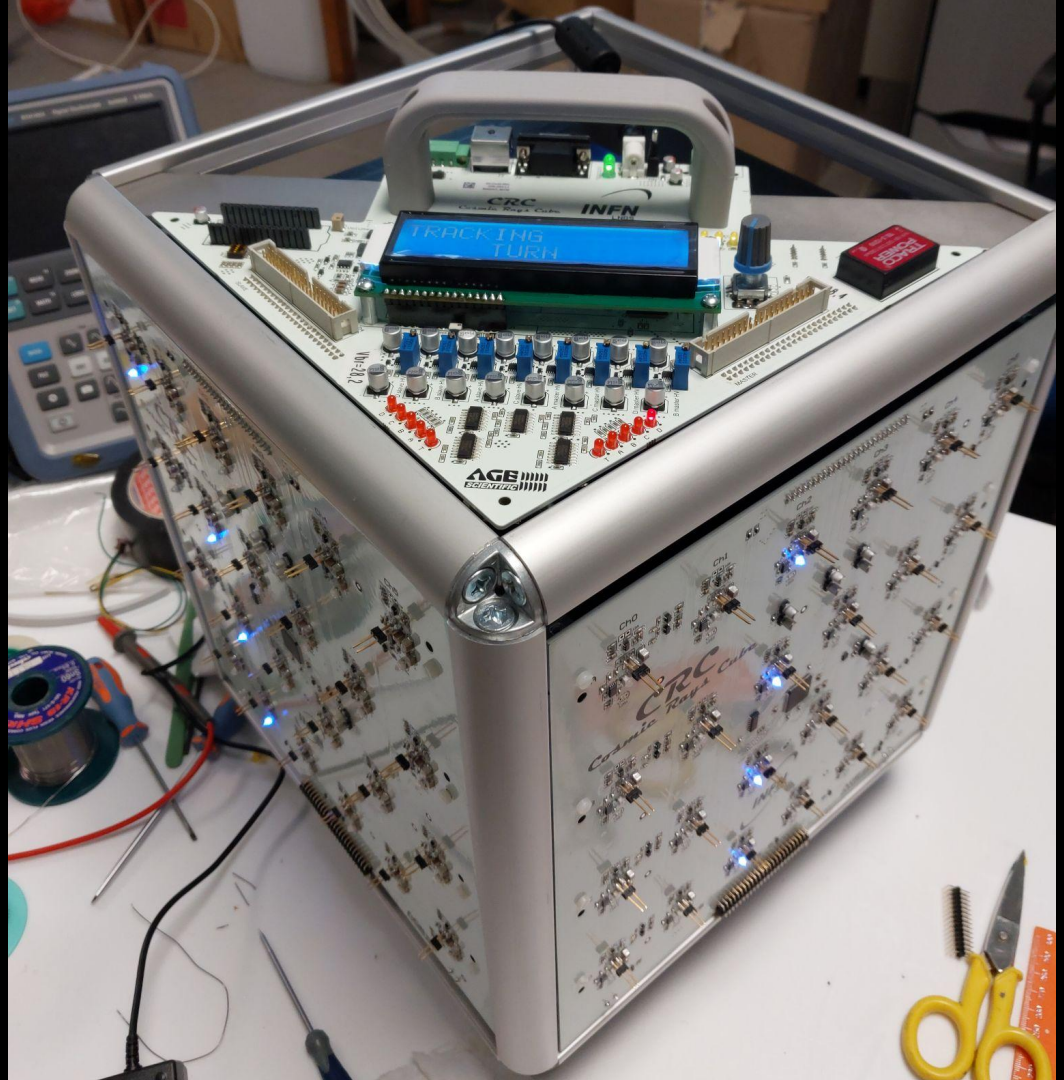


Funzionamento

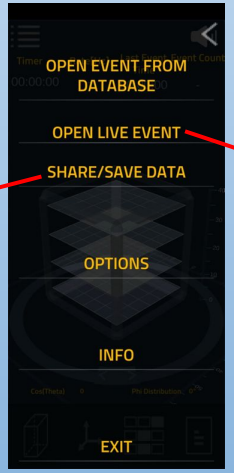
AND

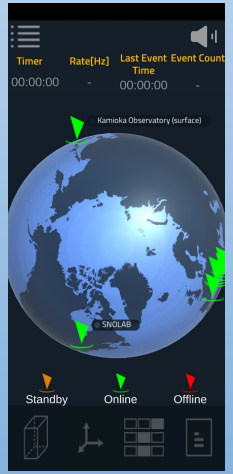
INPUT		OUTPUT
A	B	A AND B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

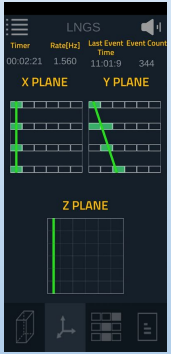


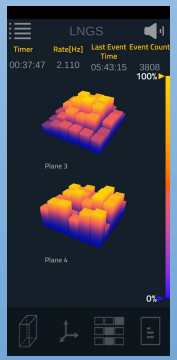

TRACKING
TURN
CRC
INFN
AGE
CRC

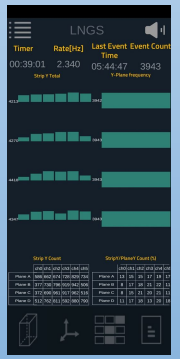
L’applicazione “Cosmic Rays Live”











Decodifica dei dati

- **Prima colonna:** numero dell'evento
- **Seconda colonna:** esadecimale, coordinate nell'asse X
- **Terza colonna**: esadecimale, coordinate nell'asse Y

1249	03010901	02030101
1250	01010202	20202020
1254	02020201	02041020
1255	01020204	04020101
1256	0102040C	01010204
1257	02020408	01040820
1258	01010204	01010101
1259	08102020	20202020
1260	01010301	20201010
1261	01010101	02020404
1262	02020202	10101020
1263	10102020	10101020
1264	0E253D34	053B3D3B
1265	01010102	20202020

Formato esadecimale

Il sistema esadecimale è un sistema di numerazione in base 16.

Ciò vuol dire che per comporre un numero si usano 16 simboli:

- 10 cifre: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
- 6 lettere: A, B, C, D, E, F

BINARIO	ESADECIMALE	DECIMALE
0000	0	0
0001	1	1
0010	2	2
0011	3	3
0100	4	4
1101	D	13
1110	E	14
1111	F	15

Esempio di un evento

Consideriamo l'evento 1254: 1254 02020201 02041020

- Trasformiamo ciascuna coppia di numeri esadecimali della prima stringa (02020201) in numeri binari a 6 cifre.
- Prendiamo la prima coppia di numeri, 02,
  - Da esadecimale a decimale:
    $(02)_{16} = 0 \cdot 16^1 + 2 \cdot 16^0 = 2$
  - Da decimale a binario:
    $2 = 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = (10)_2$

In questo caso esprimiamo il numero usando 6 cifre (una per colonna del cubo):
$(10)_2 = (000010)_2$

Mettiamo questi numeri binari in una tabella di 4 righe e 6 colonne e proviamo a visualizzare la traiettoria della particella nella vista XZ del telescopio:

Per la prima stringa
- 02 → 000010
- 02 → 000010
- 02 → 000010
- 01 → 000001

0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1

Esempio di un evento

- Ripetiamo l'operazione per la seconda stringa: 1254 02020201 02041020

- 02 → 000010
- 04 → 000100
- 10 → 010000
- 20 → 100000

0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0
0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0

Conosciamo la larghezza delle strip orizzontali (4 cm) e la distanza tra i vari piani verticali (7 cm)

Possiamo ottenere le distanze nei piani XZ e YZ se assumiamo che il muone sia passato al centro di ogni strip

Z [cm]	X [cm]
28	18
21	18
14	18
7	22

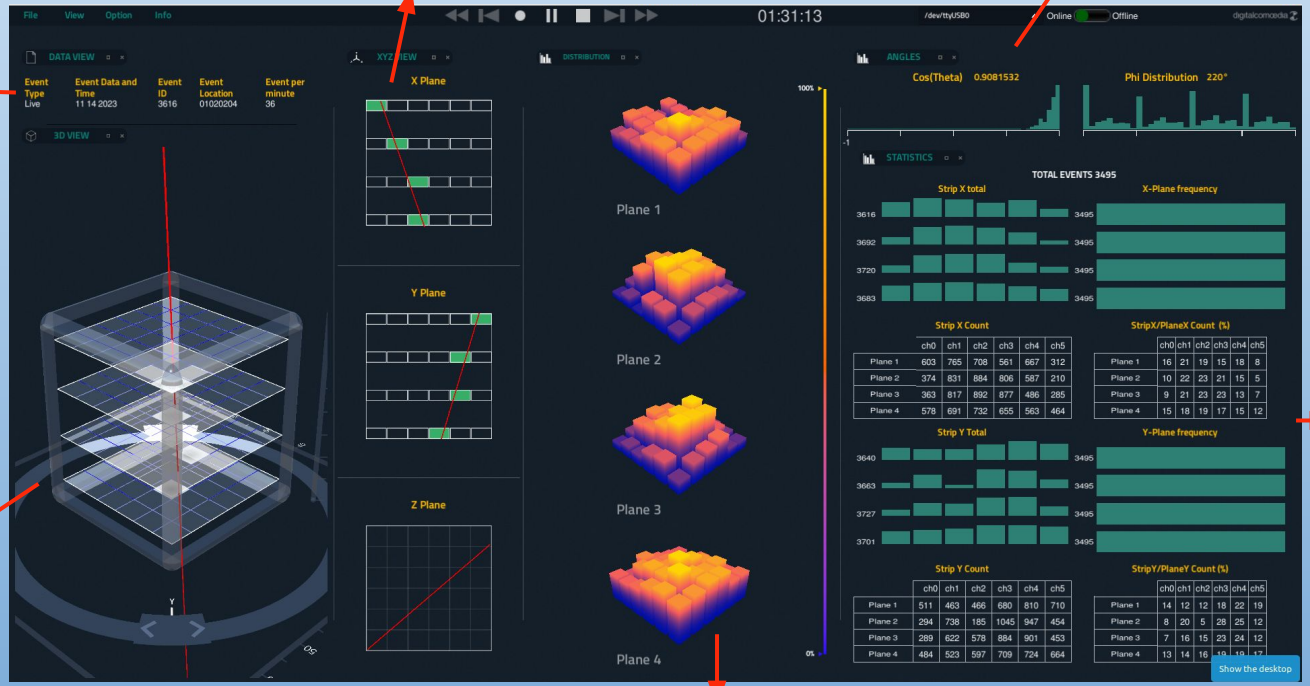
Z [cm]	Y [cm]
28	18
21	14
14	6
7	2

Visualizzazione

Distribuzioni degli angoli di arrivo dei muoni

Proiezioni sui piani X, Y e Z dell'evento

Informazioni tra cui il numero di eventi per minuto



Frequenze e numero di eventi misurati dai piani e dai canali

Ricostruzione 3D dell'evento

Somma di tutti gli eventi per piano

Grazie per l’attenzione