



INFN NAPOLI  
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Sezione di Napoli



Science App  
IISASI



INFN OCRA  
Outreach Cosmic Ray Activities



LICEO SCIENTIFICO STATALE  
"Pasquale Stanislao Mancini"  
AVELLINO

12 Maggio 2022

"In viaggio verso...  
la Fisica Moderna"

V Edizione 2021-2022



$$\Phi = \frac{h}{2e} \\ E = mc^2 \\ (\vec{p} - m\vec{v}) \cdot \vec{v} = 0$$

# I raggi cosmici e il rivelatore per muoni Cosmic Ray Cube

Argenziano Federica  
Bozzella Antonio  
Caporale Antonio  
Cavaliere Matteo  
Colarusso Giuseppe  
Criscitelli Fiore  
Di Donna Simone  
Giova Antonio  
Guarino Mario  
Magliaro Antonio  
Marallo Eugenio Pio



Melillo Angela  
Melillo Angelo  
Minucci Carmine  
Multari Augusto  
Possemato Erica  
Ruggiero Giulio  
Satalino Ruggero  
Sessa Alessandro  
Tecce Michele  
Zito Gaia

Tutor interno: Carmela Carullo

Napoli, 12/05/2022

Tutor esterno: Roberta Colalillo



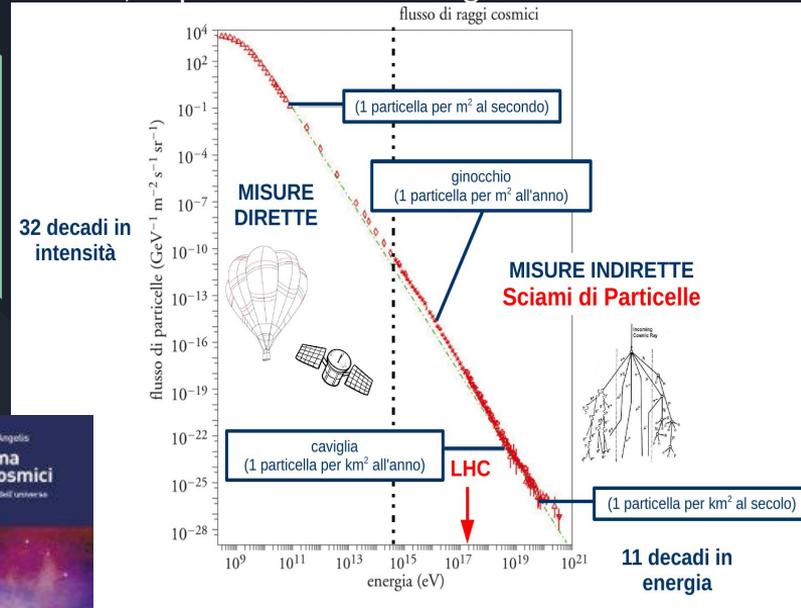


LICEO SCIENTIFICO STATALE  
"Pasquale Stanislao Mancini"  
AVELLINO

# I raggi cosmici

I raggi cosmici sono particelle e nuclei atomici di alta energia che, muovendosi quasi alla velocità della luce, colpiscono la Terra da ogni direzione

I raggi cosmici di alta energia (particelle primarie), quando attraversano l'atmosfera terrestre, collidendo con i nuclei da cui è composta, danno vita agli sciami di particelle, chiamate particelle secondarie, che sono quelle che arrivano e studiamo a terra. Gli sciami sono fatti da più componenti: la più abbondante al suolo è quella muonica.



Domenico Pacini  
1883-1964



Victor Hess  
1878-1984



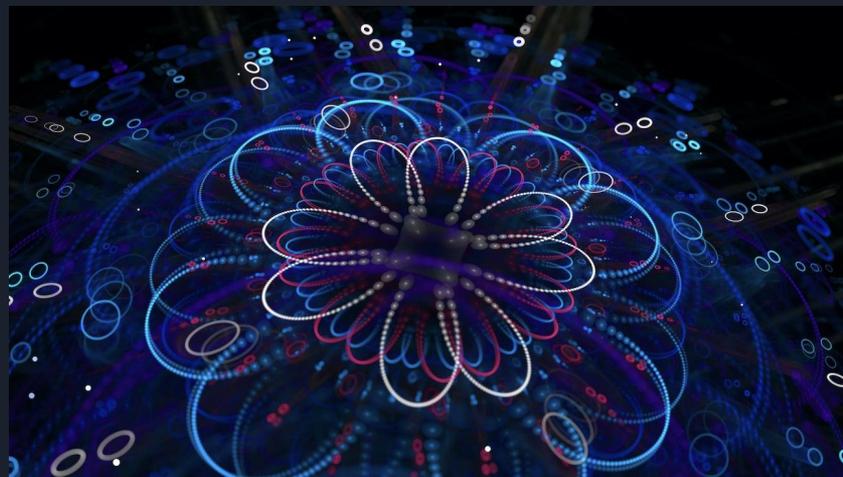
# I muoni

- Cosa sono?

I muoni sono particelle instabili caratterizzate da una vita media brevissima, circa 2 milionesimi di secondo.

In questo tempo percorrono distanze dell'ordine di decine di chilometri, viaggiando a velocità prossima a quella della luce. Secondo la fisica classica questo è un mistero che viene risolto dalla fisica relativistica.

- È da sottolineare che siamo continuamente attraversati da queste particelle, in particolare da 1 muone per ogni  $\text{cm}^2$  ogni minuto, ma noi non ce accorgiamo se non grazie ad un rivelatore di particelle, come ad esempio il Cosmic Ray Cube (CRC), il cui obiettivo è quello di contare e rilevare la traccia della radiazione cosmica invisibile più penetrante, quella costituita dai muoni.



# Cosmic Ray Cube



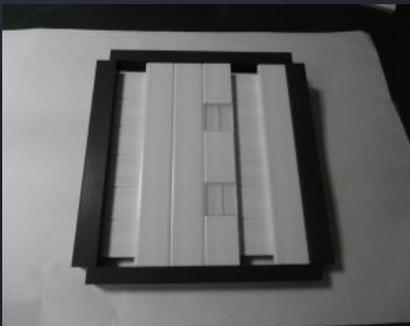
LICEO SCIENTIFICO STATALE  
"Pasquale Stanislao Mancini"  
AVELLINO

rilevatore



Il telescopio per muoni cosmici CRC è un rivelatore costituito da 4 piani di materiale scintillante. Ogni piano è costituito da 12 bacchette di scintillatore, sei sono allineate in una direzione e sei sono sovrapposte alle prime in direzione ortogonale.

bacchette di scintillatore



Quando la particella carica attraversa la bacchetta di scintillatore, produce luce che viene raccolta da una fibra ottica posta al centro della bacchetta. La luce portata all'estremità della bacchetta viene poi letta da un fotosensore che la trasforma in segnale elettrico che a sua volta attiva le luci dei led.

Il rivelatore si comporta sia come TRACCIATORE che come CONTATORE.

# Tracciamento dei muoni

A PARTIRE DAI DATI FORNITI DAL  
COSMIC RAY CUBE



LICEO SCIENTIFICO STATALE  
"Pasquale Stanislao Mancini"  
AVELLINO

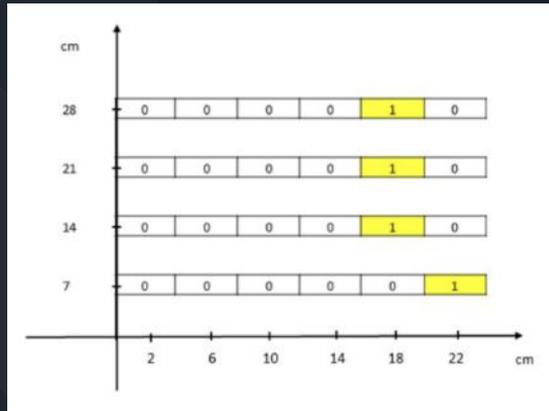
Le tracce dei muoni sono tridimensionali.  
Il CRC ci permette di vedere le proiezioni delle tracce sui due piani  
zx e zy.

Ricostruiamo la traccia bidimensionale

100C0201



```
0001 0000
0000 1100
0000 0010
0000 0001
```

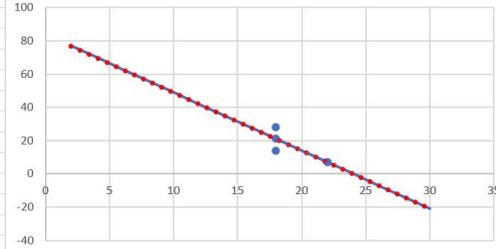


Il telescopio invia i dati in sistema esadecimale.  
Successivamente li convertiamo in sistema  
binario e, conoscendo le dimensioni del  
telescopio, trasformiamo gli 1, che  
rappresentano i pixel accesi, in coppie di punti  
del piano, ottenendo così una tabella in  
centimetri. Con questa, grazie ad Excel,  
ricostruiamo le rette, cioè le proiezioni della  
traiettoria del muone nel piano.

# Proiezioni nei piani zx - zy

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	x (cm)	z (cm)	x-Mx	z-Mz	(x-Mx)(z-Mz)	(x-Mx) <sup>2</sup>	m	q		2	77									
2	18	28	-1	10,5	-10,5	1	-3,5	84		4	70									
3	18	21	-1	3,5	-3,5	1				6	63									
4	18	14	-1	-3,5	3,5	1				8	56									
5	22	7	3	-10,5	-31,5	9				10	49									
6										12	42									
7	19	17,5				-42	12			14	35									
8										16	28									
9										18	21									
10										20	14									
11										22	7									
12										24	0									
13										26	-7									
14										28	-14									
15										30	-21									
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22	y (cm)	z (cm)	y-My	z-Mz	(y-My)(z-Mz)	(y-My) <sup>2</sup>	m	q		2	7,7									
23	18	28	8	10,5	84	64	1,225	5,25		4	10,15									
24	14	21	4	3,5	14	16				6	12,6									
25	6	14	-4	-3,5	14	16				8	15,05									
26	2	7	-8	-10,5	84	64				10	17,5									
27										12	19,95									
28	10	17,5				196	160			14	22,4									
29										16	24,85									
30										18	27,3									
31										20	29,75									
32										22	32,2									
33										24	34,65									
34										26	37,1									
35										28	39,55									
36										30	42									

Retta dei minimi quadrati per x,z



$$m = \frac{\sum_i [x_i - M(x)][z_i - M(z)]}{\sum_i [x_i - M(x)]^2}$$

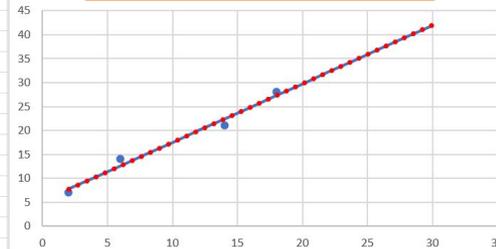
$$q = M(z) - m * M(x)$$

Dove:

M(x) è la media delle x<sub>i</sub>

M(z) è la media delle z<sub>i</sub>

Retta dei minimi quadrati per y,z



# Assorbimento atmosferico

Oltre al tracciamento ci siamo occupati anche del conteggio dei muoni e del loro assorbimento.

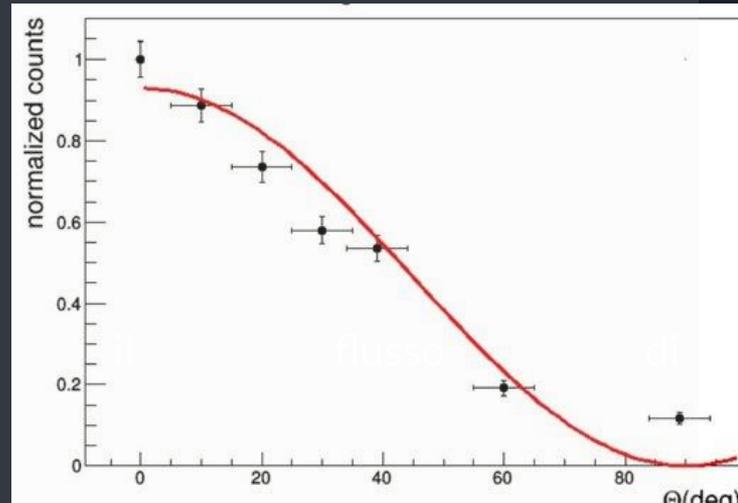
In particolare, durante la decima edizione dell' International Cosmic Day (ICD) del 10 Novembre 2021, abbiamo sperimentato l'**assorbimento atmosferico**.



I muoni, viaggiando in atmosfera, perdono man mano sempre più energia fino a quando non decadono. Questo si ripercuote sul flusso osservato a terra. Infatti, a  $0^\circ$ , ossia per particelle che arrivano perpendicolarmente alla superficie terrestre e che quindi compiono un percorso più breve, **il flusso è massimo**, mentre diminuisce all'aumentare dell'angolo tra la direzione di incidenza e lo zenit. A  $90^\circ$  il **flusso è minimo** e i pochi muoni che arrivano sono molto energetici.

La funzione che descrive muoni a terra è la seguente:

$$I(\theta) = I_0 \cdot \cos^2(\theta)$$



# Diverse condizioni di conteggio



LICEO SCIENTIFICO STATALE  
"Pasquale Stanislao Mancini"  
AVELLINO

Oltre al lavoro precedentemente illustrato, durante le varie lezioni del matematico con la prof.ssa Colalillo, abbiamo osservato altre condizioni di assorbimento del flusso di muoni e abbiamo constatato la **differenza tra gli elettroni e i muoni**.

Come si può notare dai dati, man mano che consideriamo sempre più piani il numero di particelle cariche rilevate (muoni ed elettroni) diminuisce poiché essendo gli elettroni meno penetranti, non riusciranno ad attraversare tutti i piani. Dunque chiedendo di salvare solo gli eventi che hanno almeno un pixel acceso per ognuno dei quattro piani, stiamo rilevando principalmente muoni.

## due piani dall'alto

min	eventi
1	220
2	480
3	717
4	935

## tre piani

min	eventi
1	170
2	327
3	495
4	657

## quattro piani

min	eventi
1	76
2	136
3	204
4	276

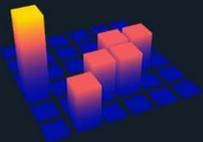
Abbiamo poi deciso di cambiare il settaggio della soglia del telescopio, raddoppiandola da 0,25 mV a 0,50 mV:

## quattro piani

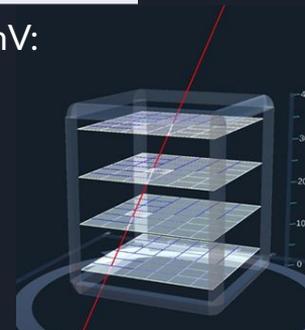
min	eventi
1	3
2	10
3	23
4	29

Possiamo notare che aumentando la soglia richiesta, avremo sempre meno particelle cariche con segnale che superano la soglia.

Plane 1



Plane 2



# ASSORBIMENTO CON LASTRA DI PIOMBO



LICEO SCIENTIFICO STATALE  
"Pasquale Stanislao Mancini"  
AVELLINO



Numero atomico	82	Simbolo	Pb
		Nome dell'elemento	Piombo
		Peso atomico	207,2
			[Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>
Configurazione elettronica			

Dopo aver visto questi due aspetti di assorbimento, ne abbiamo osservato un ultimo, ovvero l'assorbimento con una lastra di piombo.

Se posizioniamo una lastra di piombo sopra il nostro rivelatore, possiamo notare come il numero di muoni sia sempre minore, questo perché, essendo il piombo un materiale molto denso, sarà sempre più difficile per le particelle cariche attraversarlo.



# Abstract



LICEO SCIENTIFICO STATALE  
"Pasquale Stanislao Mancini"  
AVELLINO

In questi 4 mesi siamo andati alla scoperta dei raggi cosmici e in particolare dei muoni. Li abbiamo monitorati attraverso il CRC che ci consente di osservare le loro tracce e di contarli.

Utilizzando le nostre conoscenze matematiche e di Excel, abbiamo ricostruito le tracce dei muoni a partire dai dati raccolti.

Infine, abbiamo analizzato il concetto di assorbimento dei muoni misurando il loro flusso a terra in diverse condizioni.