

# International Cosmic Day 2023

---

**Analisi dati e  
Istruzioni per compilare le  
relazioni finali**

Lo spessore di materia in fisica delle particelle si misura in unita' di  $\text{g cm}^{-2}$ .  
Sopra le nostre teste e' presente uno strato di atmosfera.

**Sulla verticale a 0 gradi**

$X_0 = 1030 \text{ g cm}^{-2} \rightarrow$  Equivalente a 1 m di piombo.

**Inclinazione a 90 gradi**

$X_{90} = 36000 \text{ g cm}^{-2} \rightarrow$  Equivalente a 36 m di piombo.

Un muone con una traiettoria perpendicolare attraversera' una quantita' di materia inferiore rispetto ad una traiettoria angolata.

**I muoni perdono energia attraversando la materia quindi ci aspettiamo un'intensita' inferiore a grandi angoli.**

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

$I(\theta)$  intensita' all'angolo  $\theta$   
 $I_0$  intensita' a 0 gradi

$h_0 = 40 \text{ km}$

$h_0 = 700 \text{ km}$

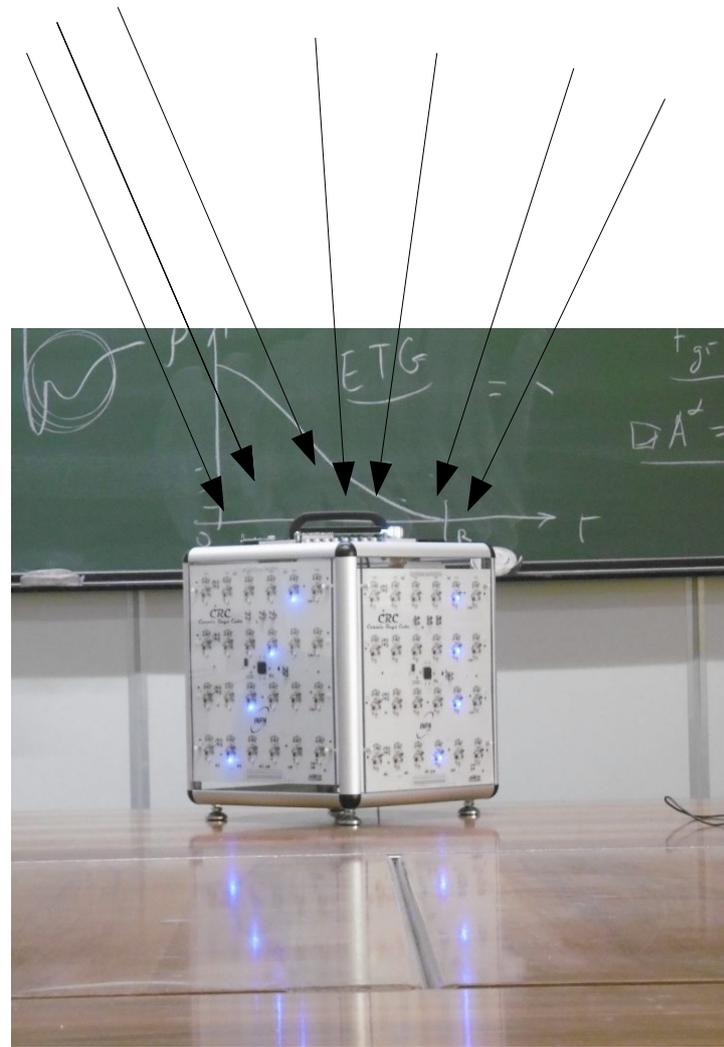
**Obiettivo:** stimare quanti muoni al secondo sul cubo a vari angoli, la rate

**Come:** la rate si calcola come:

$$R = \frac{N}{T}$$

**N:** e' il numero di conteggi che abbiamo misurato in laboratorio

**T:** e' il tempo totale di acquisizione che abbiamo misurato



# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

1) Aprire il sito dell'ICD locale:

<https://agenda.infn.it/event/37225/>

2) Aprire il link **“jupyter browser”**

3) Scaricare la cartella **“analisi\_Data\_CosmicRayCube”**:  
salvarla sul computer e estrarre i file dalla cartella.

21 November 2023  
Area di Ricerca - Padriciano  
Europe/Rome timezone

Enter your search term

Overview  
Timetable  
Iscrizioni

La Sezione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) di Trieste parteciperà anche quest'anno all'International Cosmic Day, la giornata internazionale dedicata alla fisica dei raggi cosmici, organizzata da DESY in Germania e con la partecipazione di istituti d'eccellenza da tutto il mondo.

L'iniziativa si svolgerà dalle ore 9:30 alle ore 17:00 di martedì 21 novembre 2023 presso Area Science Park di Padriciano, Trieste.

Durante la giornata I/le partecipanti seguiranno delle lezioni introduttive sulla fisica dei raggi cosmici tenute da ricercatori e ricercatrici INFN e saranno impegnati/e nella misura dell'intensità dei raggi cosmici. Al termine della presa dati è in programma una videoconferenza con altri gruppi di diverse nazionalità per un confronto sui risultati ottenuti (richiesta ottima conoscenza della lingua inglese). Studenti e studentesse dovranno produrre a coppie una relazione sull'esperienza appena conclusa. Per gli autori e le autrici delle migliori relazioni l'INFN intende organizzare una visita presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN.

Starts 21 Nov 2023, 10:00  
Ends 21 Nov 2023, 17:00  
Europe/Rome

Area di Ricerca - Padriciano  
Auala magna  
[Go to map](#)

Alex Lenni  
Anna Paola Cuccarollo  
Cecilia Pizzolotto  
Emiliano Rocchetti  
Francesco Longo  
Mirko Boezio  
Riccardo Munini

AdesioneICD\_2023.docx  
Analisi\_Data\_CosmicRayCube.zip  
Jupyter browser  
Locandina\_ICD2023.pdf

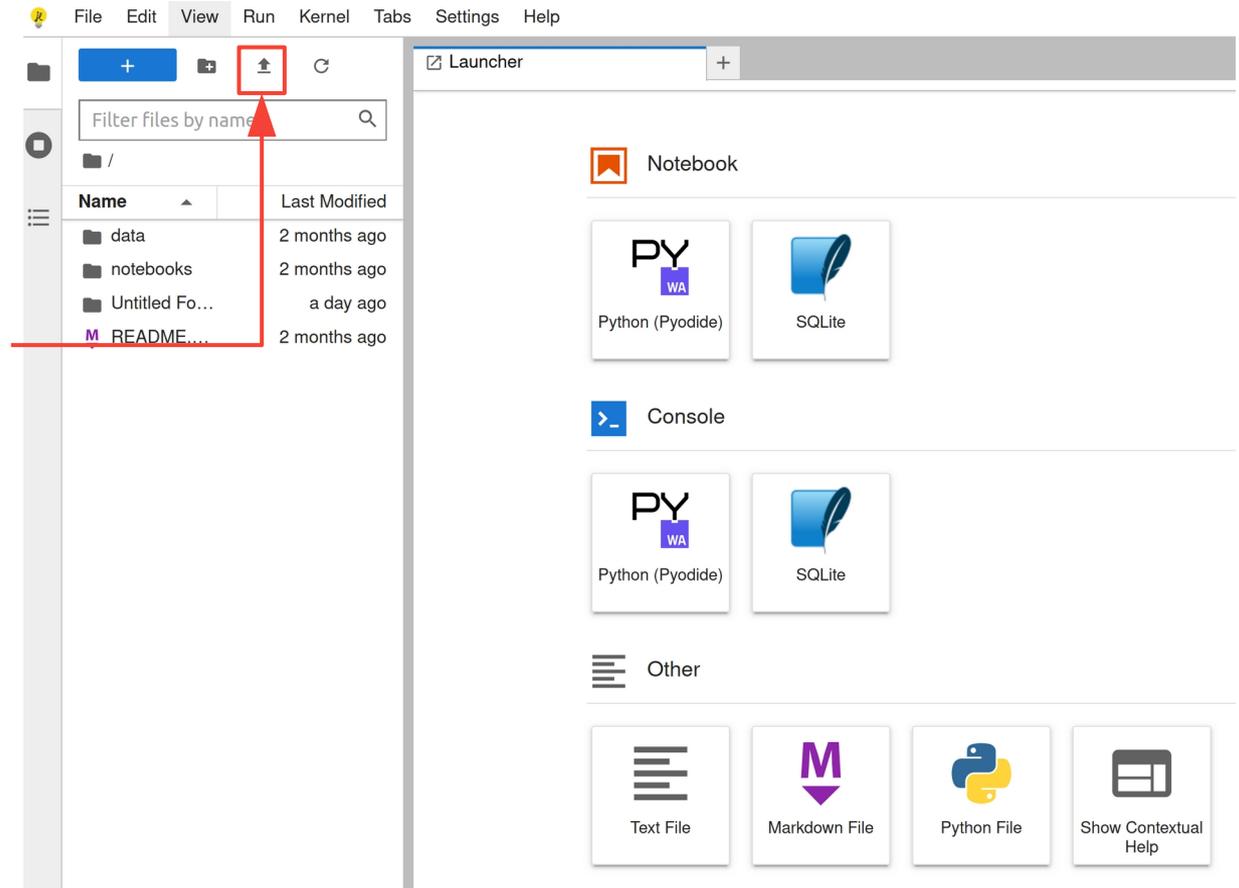
The screenshot shows a web page for an event. A search bar is at the top right. Below the header, there's a navigation menu with 'Overview', 'Timetable', and 'Iscrizioni'. The main content area contains a description of the event, its start and end times, and a list of participants. On the right side, there's a list of attachments. Red and green arrows from the instructions on the left point to the 'Jupyter browser' attachment and the 'Analisi\_Data\_CosmicRayCube.zip' attachment, respectively.

# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

4) Sul jupyter notebook importare tutti i file dentro la cartella:

5) Ogni gruppo si occuperà di un angolo e analizzerà il corrispondente file con i dati:

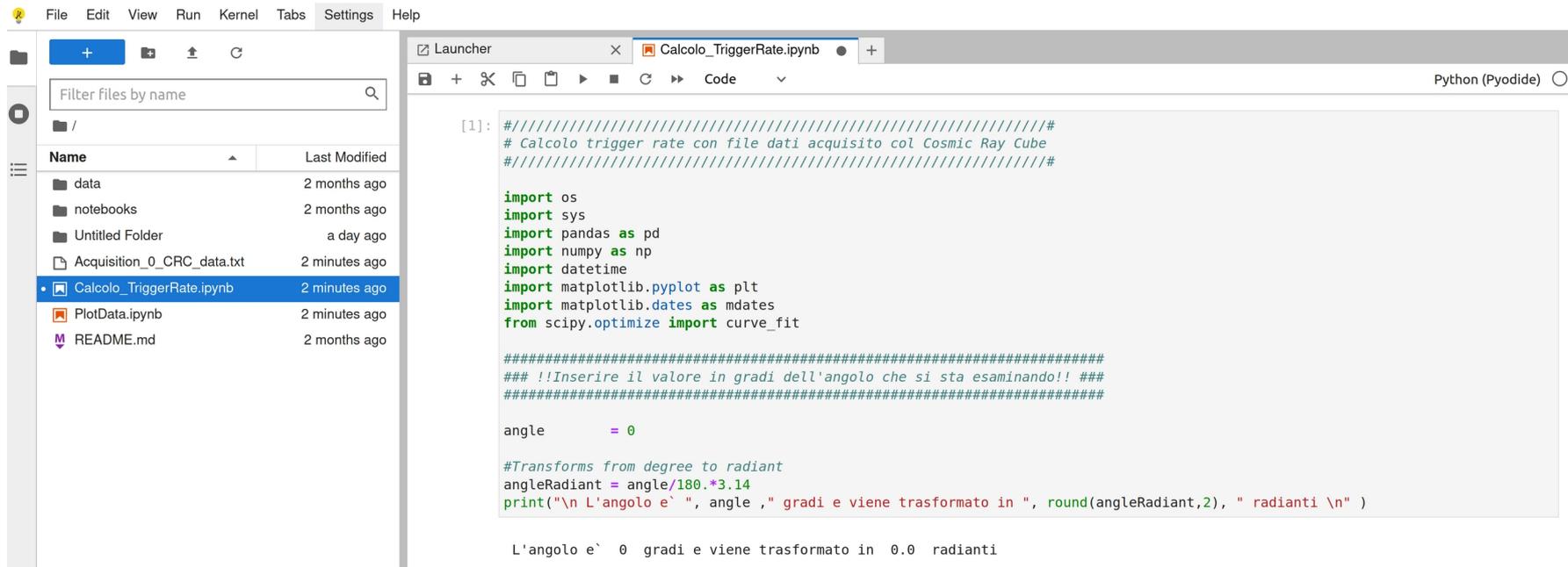
**-Acquisition\_?\_CRC\_data.txt**



# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

- 6) Clicchiamo sul file “**Calcolo\_TriggerRate.ipynb**”  
Si aprirà un file contenente un codice python.

**Jupyter notebook** permette di eseguire codice suddiviso in celle e di visualizzare l'output. Possiamo anche modificare il codice. Le celle di codice vanno girate consecuzionalmente.



The screenshot shows the Jupyter Notebook interface. On the left is a file explorer with a search bar and a list of files. The file 'Calcolo\_TriggerRate.ipynb' is selected. The main area shows a code cell with the following Python code:

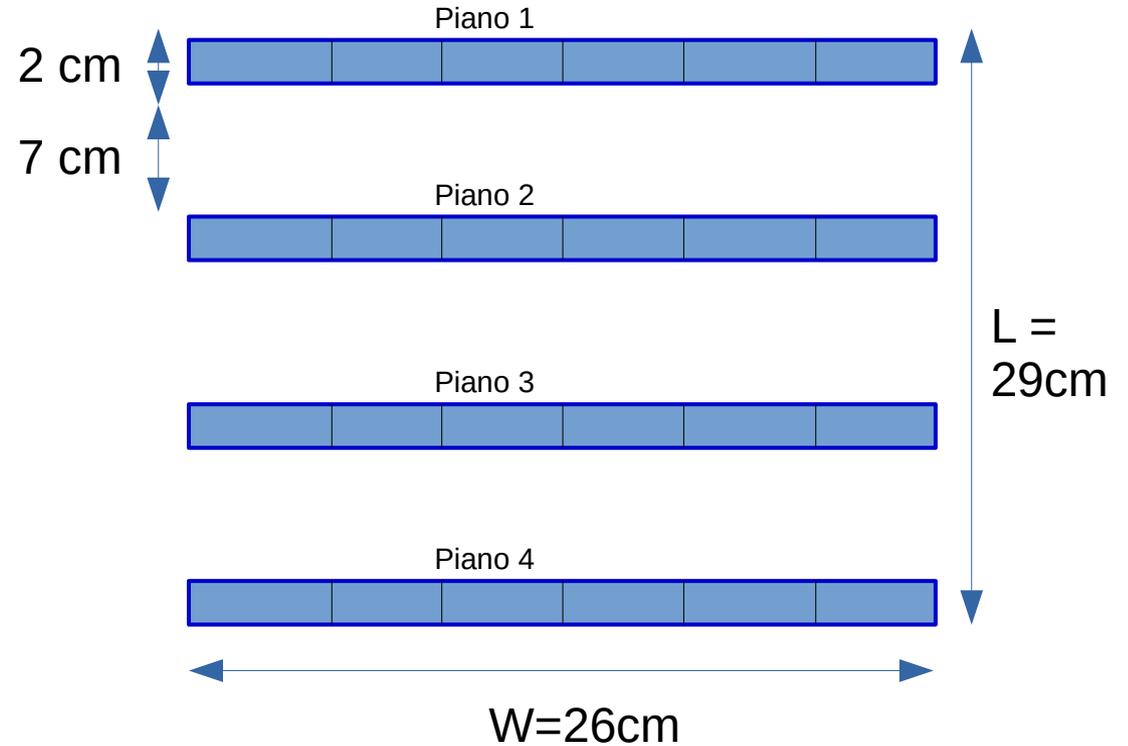
```
[1]: #####  
# Calcolo trigger rate con file dati acquisito col Cosmic Ray Cube  
#####  
  
import os  
import sys  
import pandas as pd  
import numpy as np  
import datetime  
import matplotlib.pyplot as plt  
import matplotlib.dates as mdates  
from scipy.optimize import curve_fit  
  
#####  
## !!Inserire il valore in gradi dell'angolo che si sta esaminando!! ##  
#####  
  
angle = 0  
  
#Transforms from degree to radiant  
angleRadiant = angle/180.*3.14  
print("\n L'angolo e' ", angle , " gradi e viene trasformato in ", round(angleRadiant,2), " radianti \n" )
```

The output of the code cell is:

```
L'angolo e' 0 gradi e viene trasformato in 0.0 radianti
```

Calcoliamo:

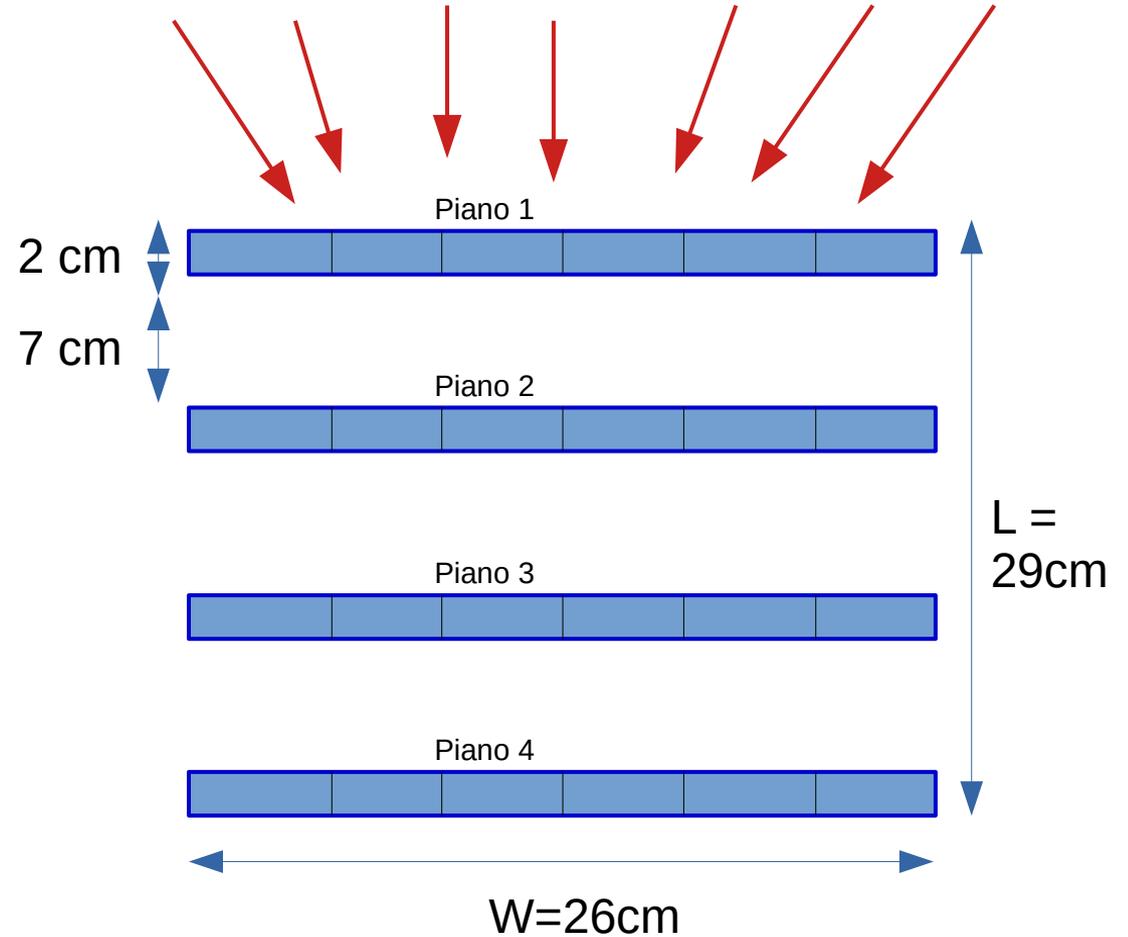
**a) T = tempo di acquisizione**



Calcoliamo:

a)  $T$  = tempo di acquisizione

b)  $N_{\text{tot}}$  = numero totale di eventi

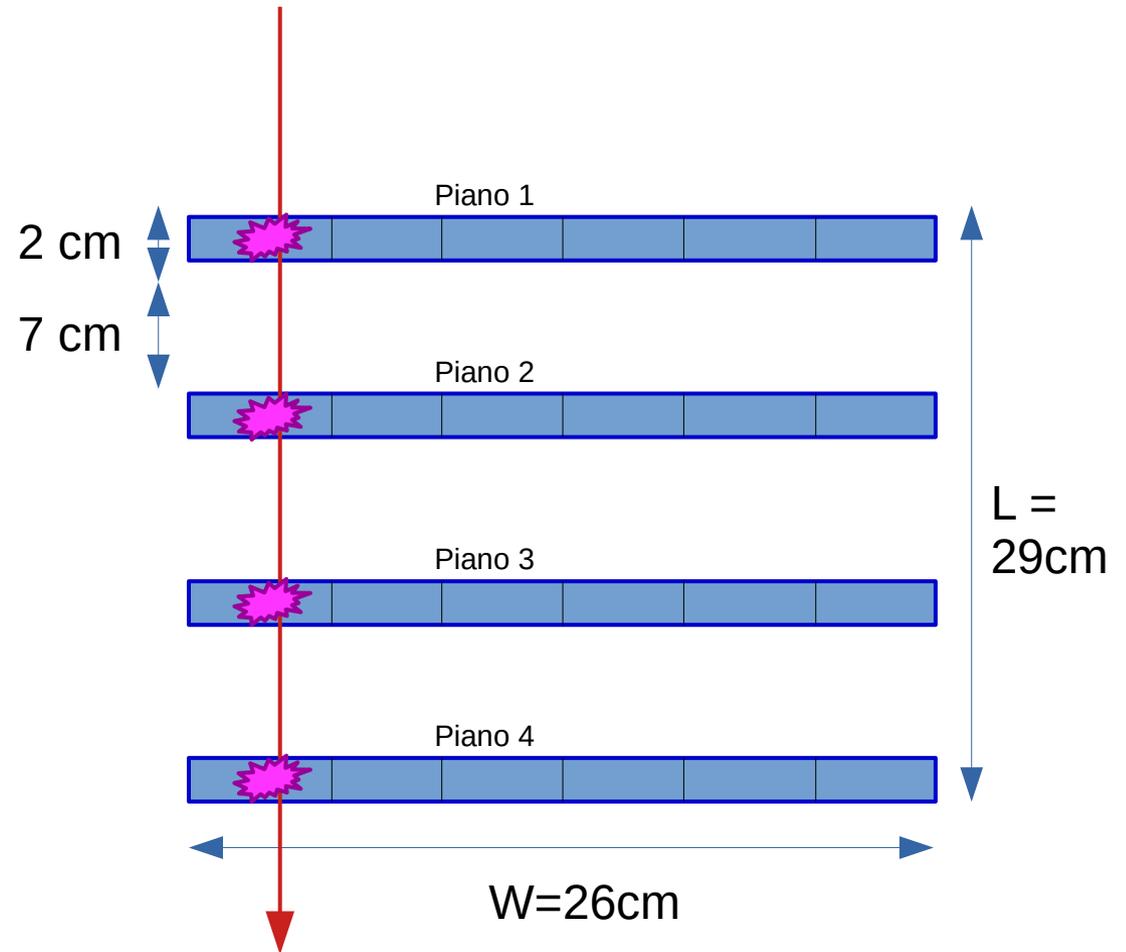


Calcoliamo:

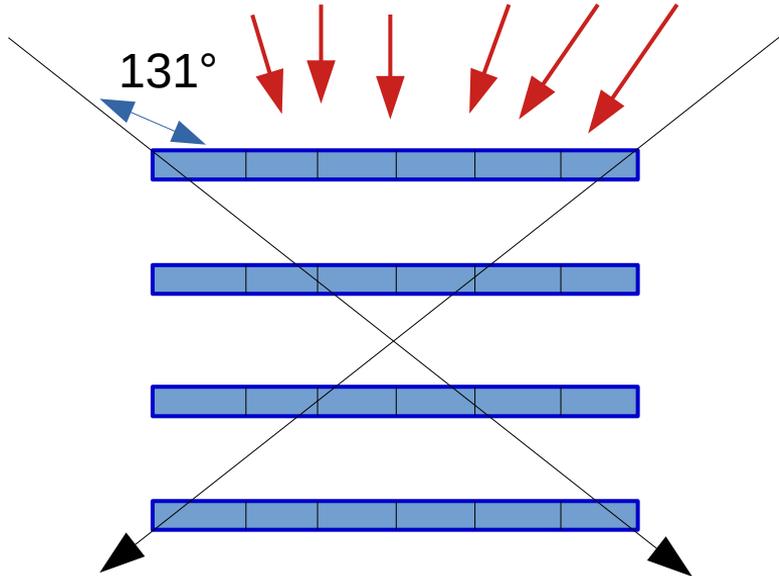
a)  $T$  = tempo di acquisizione

b)  $N_{\text{tot}}$  = numero totale di eventi

c)  $N_{\text{vert}}$  = numero di eventi verticali

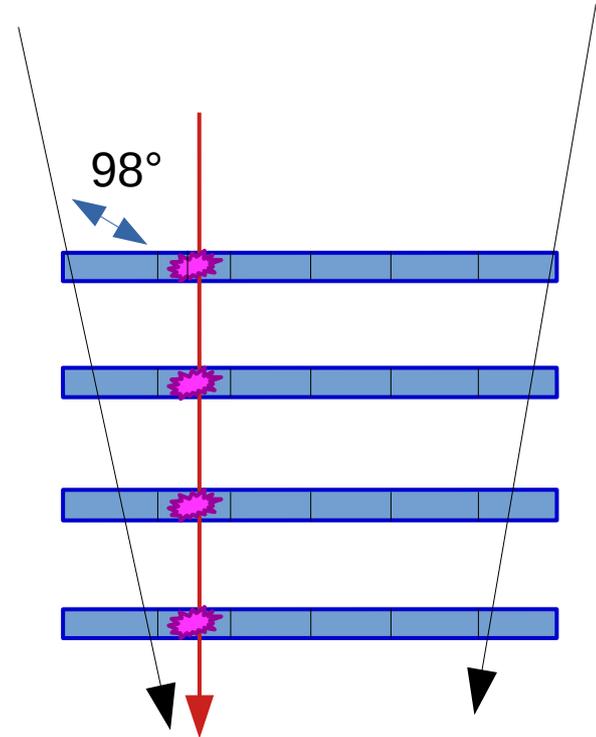


# Numero Totale di eventi



Apertura angolare molto grande  
Angolo massimo di una traccia:  $41^\circ$

# Numero eventi verticali



Apertura angolare piu` piccola  
Angolo massimo di una traccia:  $18^\circ$

Calcoliamo:

a)  $T$  = tempo di acquisizione

b)  $N_{\text{tot}}$  = numero totale di eventi

c)  $N_{\text{vert}}$  = numero di eventi verticali

**d)  $R = N/T$  rate, numero di eventi al secondo**

Salviamo su un file di testo la rate calcolata

TriggerRate\_OneDayAcquisition.txt

Angolo	$R_{\text{verticale}}$	$R_{\text{totale}}$	$ER_{\text{totale}}$	$ER_{\text{verticale}}$
--------	------------------------	---------------------	----------------------	-------------------------

# Stima degli errori:

## Statistico

Legato al numero di eventi che abbiamo acquisito. Se il numero di eventi e' molto piccolo ci aspettiamo una incertezza maggiore rispetto al caso in cui abbiamo acquisito moltissimi eventi. In generale l'errore sui conteggi e' definito come la radice del numero dei conteggi.

N numero conteggi

$\Delta N$  incertezza sul numero di conteggi

$$\Delta N = \sqrt{N}$$
$$\Delta F = \frac{\Delta N}{T}$$

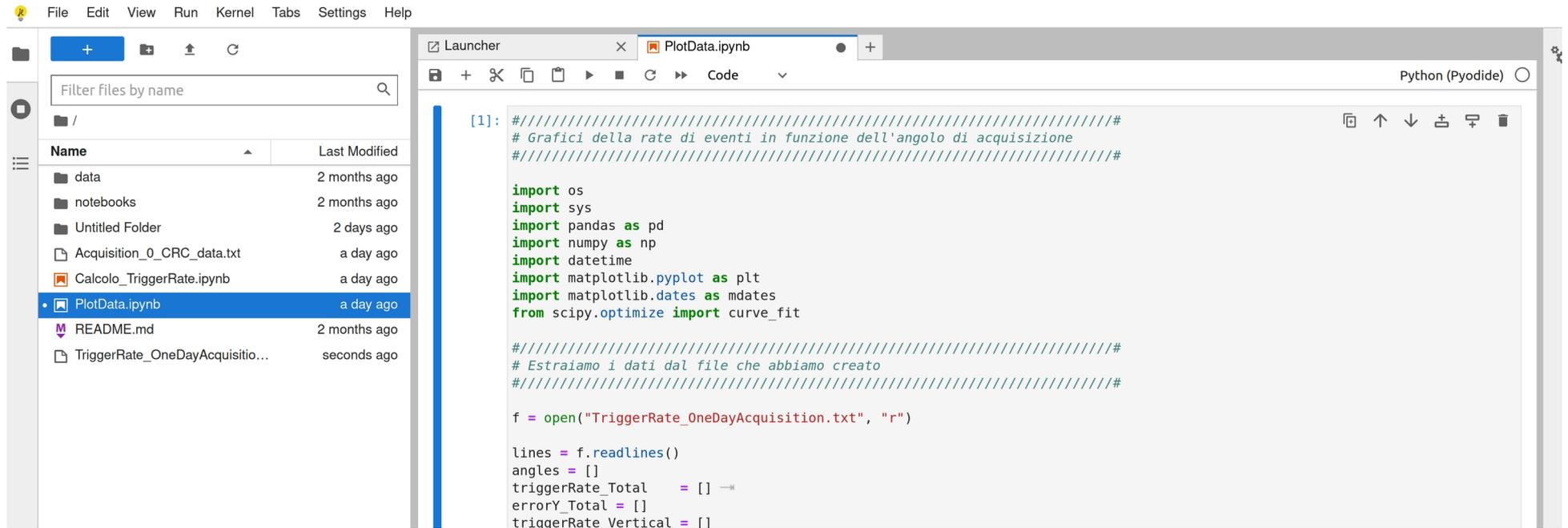
## Sistematico

Nel nostro caso tutte le incertezze relative alla strumentazione. Ad esempio le incertezze sulla dimensione dei rivelatori o sulle variazioni del flusso di muoni dovute all'effetto giorno notte o alla copertura nuvolosa.

Inoltre il fatto che stiamo misurando i muoni con uno strumento che ha un'apertura angolare finita si traduce in un effetto sistematico di aumento del conteggio rispetto al valore che ci aspettiamo.

# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

## 7) Clicchiamo sul file "PlotData.ipynb"



The screenshot displays a Jupyter Notebook interface. On the left, the file explorer shows a directory structure with files like 'data', 'notebooks', and 'PlotData.ipynb' selected. The main area shows the code editor for 'PlotData.ipynb' with the following Python code:

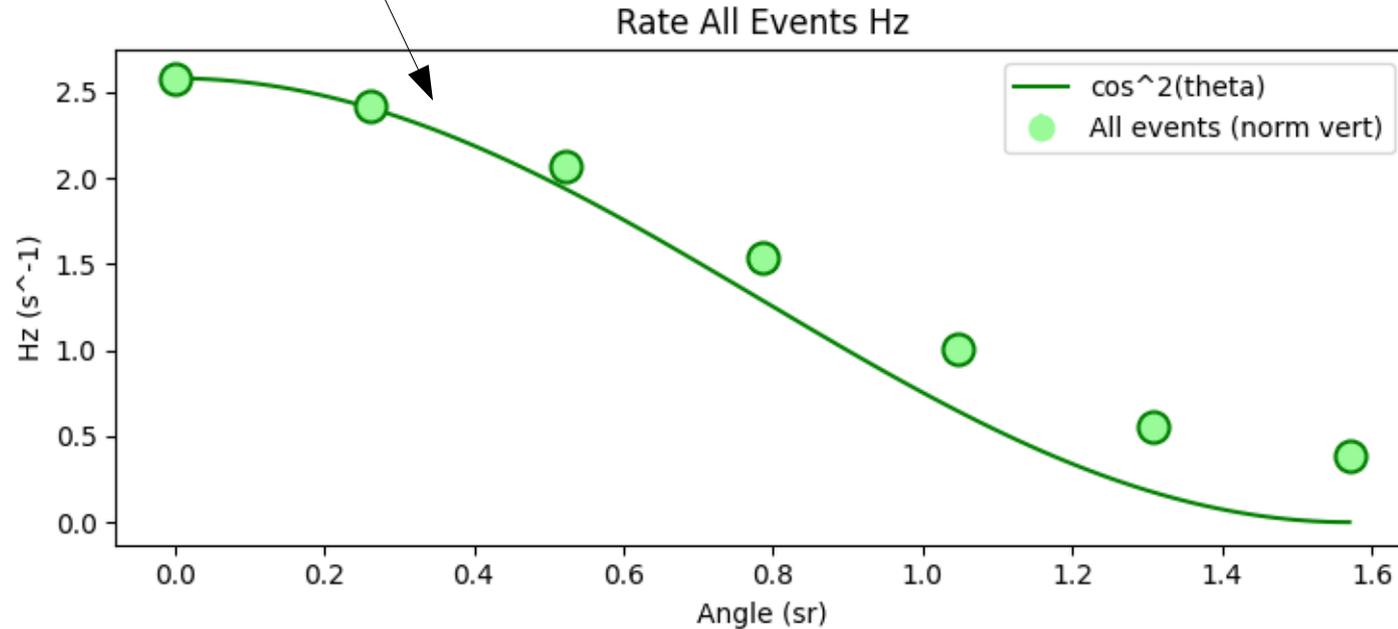
```
[1]: #//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////  
# Grafici della rate di eventi in funzione dell'angolo di acquisizione  
#//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////  
  
import os  
import sys  
import pandas as pd  
import numpy as np  
import datetime  
import matplotlib.pyplot as plt  
import matplotlib.dates as mdates  
from scipy.optimize import curve_fit  
  
#//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////  
# Estraiamo i dati dal file che abbiamo creato  
#//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////  
  
f = open("TriggerRate_OneDayAcquisition.txt", "r")  
  
lines = f.readlines()  
angles = []  
triggerRate_Total = [] →  
errorY_Total = []  
triggerRate Vertical = []
```

# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

Funzione

$$\cos^2(\text{Angle})$$

La funzione non descrive correttamente il set di dati raccolti. Perché?

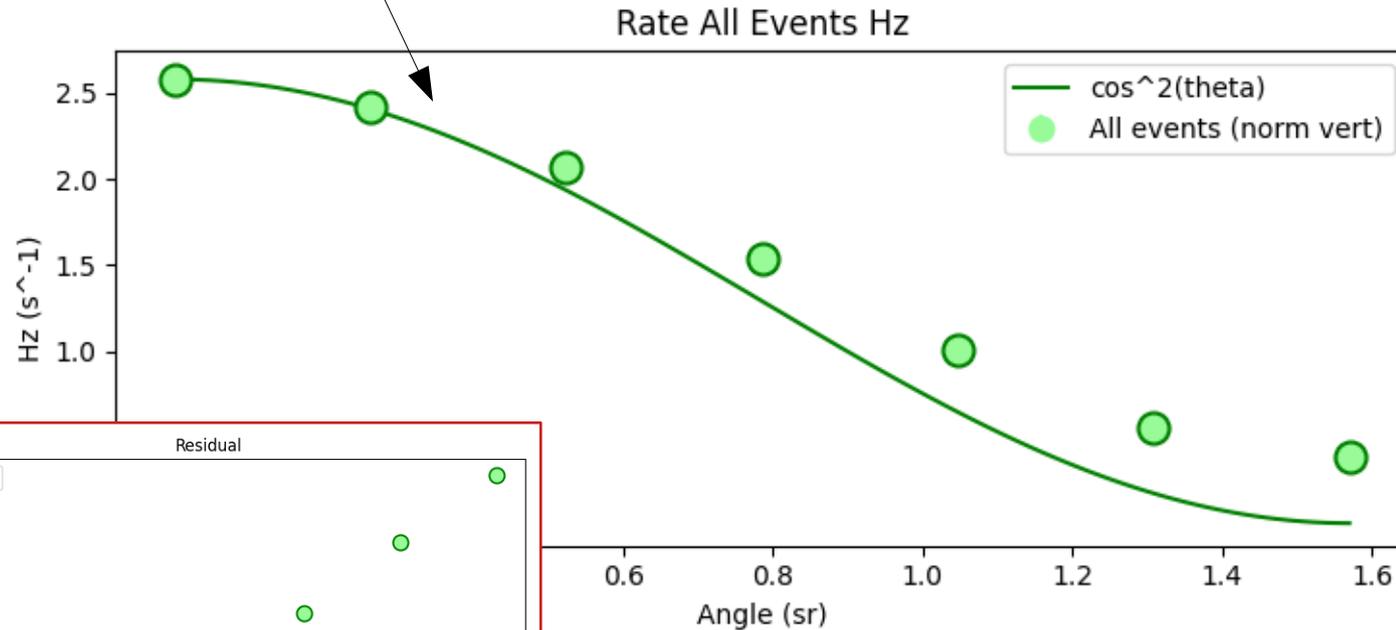


# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

Funzione

$$\cos^2(\text{Angle})$$

La funzione non descrive correttamente il set di dati raccolti. Perché?



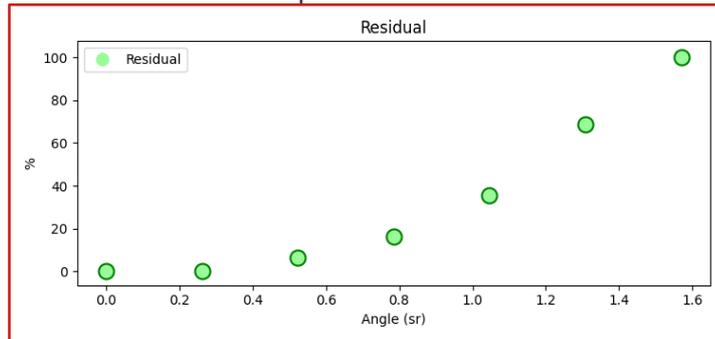
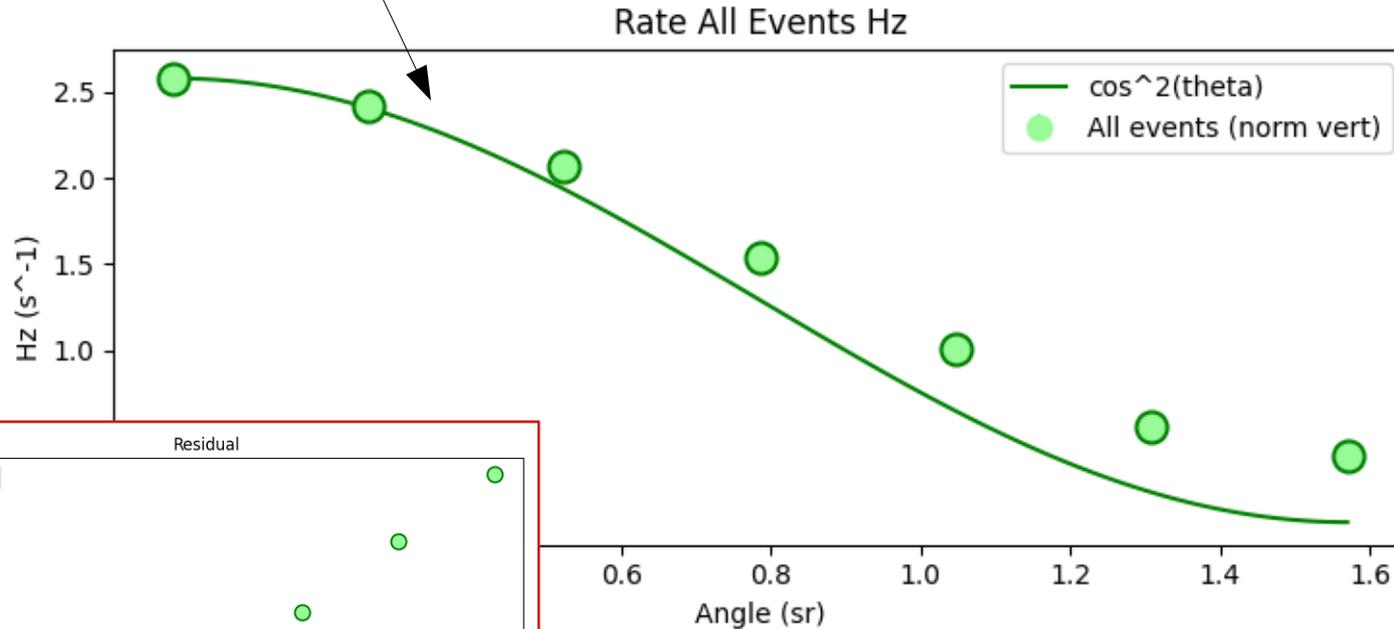
Calcoliamo i **residui**: al valore calcolato della nostra rate sottraiamo il valore del modello.

# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

Funzione

$$\cos^2(\text{Angle})$$

La funzione non descrive correttamente il set di dati raccolti. Perché?



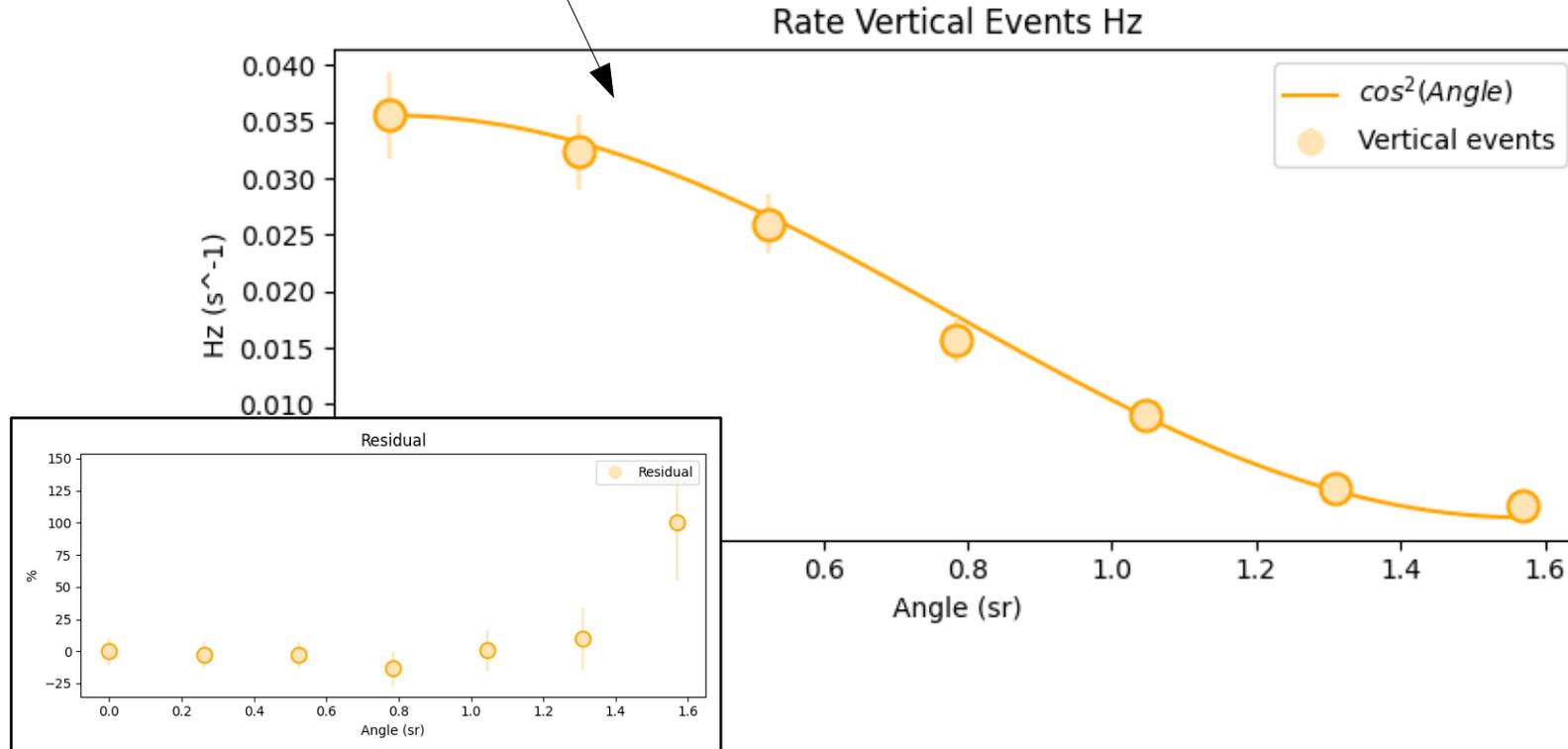
Questo ci dà una idea di quanto vicini siano i punti alla nostra predizione teorica.

# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

Funzione

$$\cos^2(\text{Angle})$$

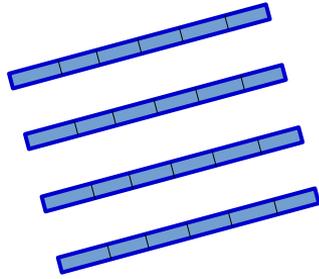
La funzione non descrive correttamente il set di dati raccolti. Perché?



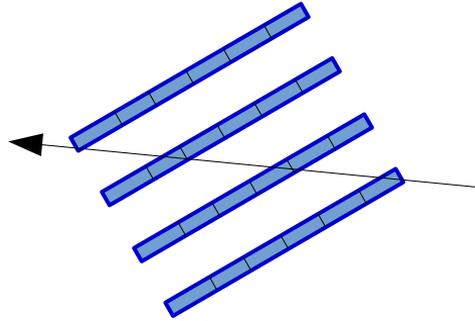
0



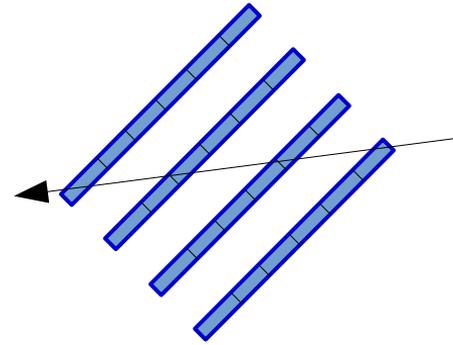
15



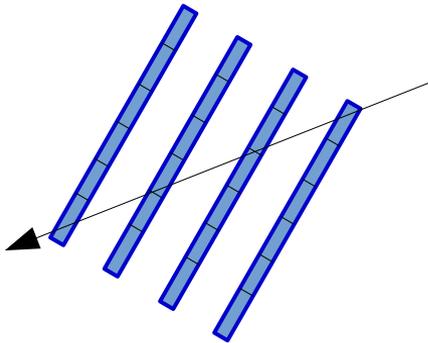
30



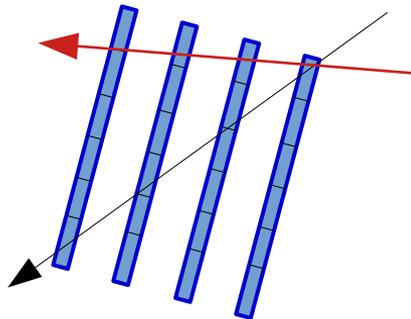
45



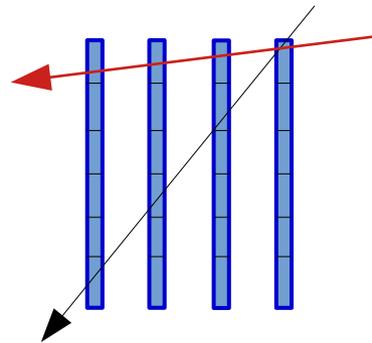
60



75



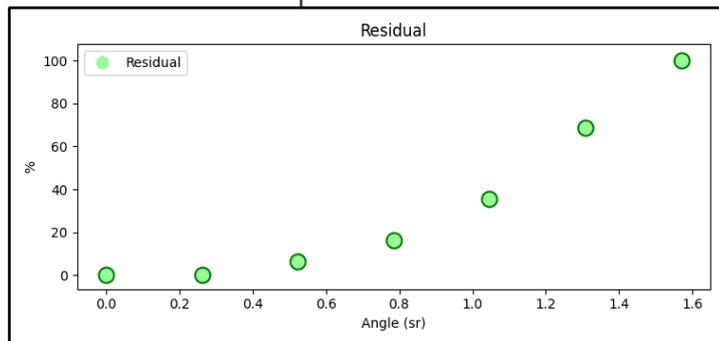
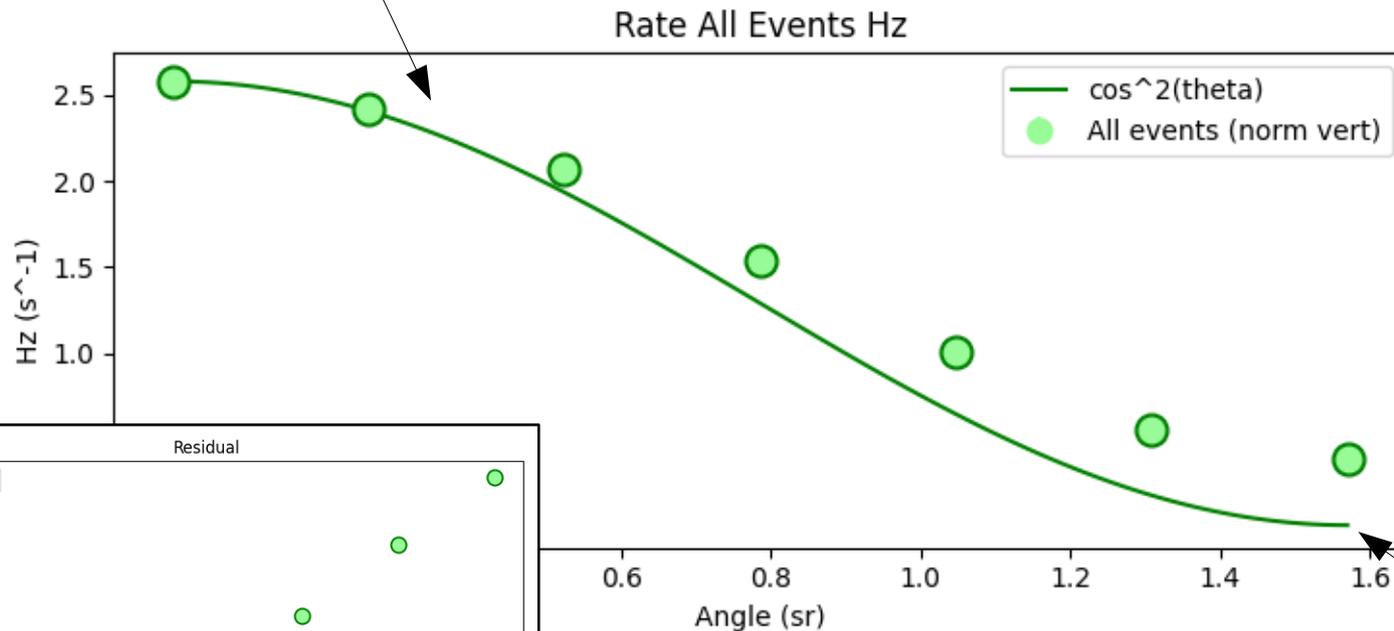
90



# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

Funzione

$$\cos^2(\text{Angle})$$



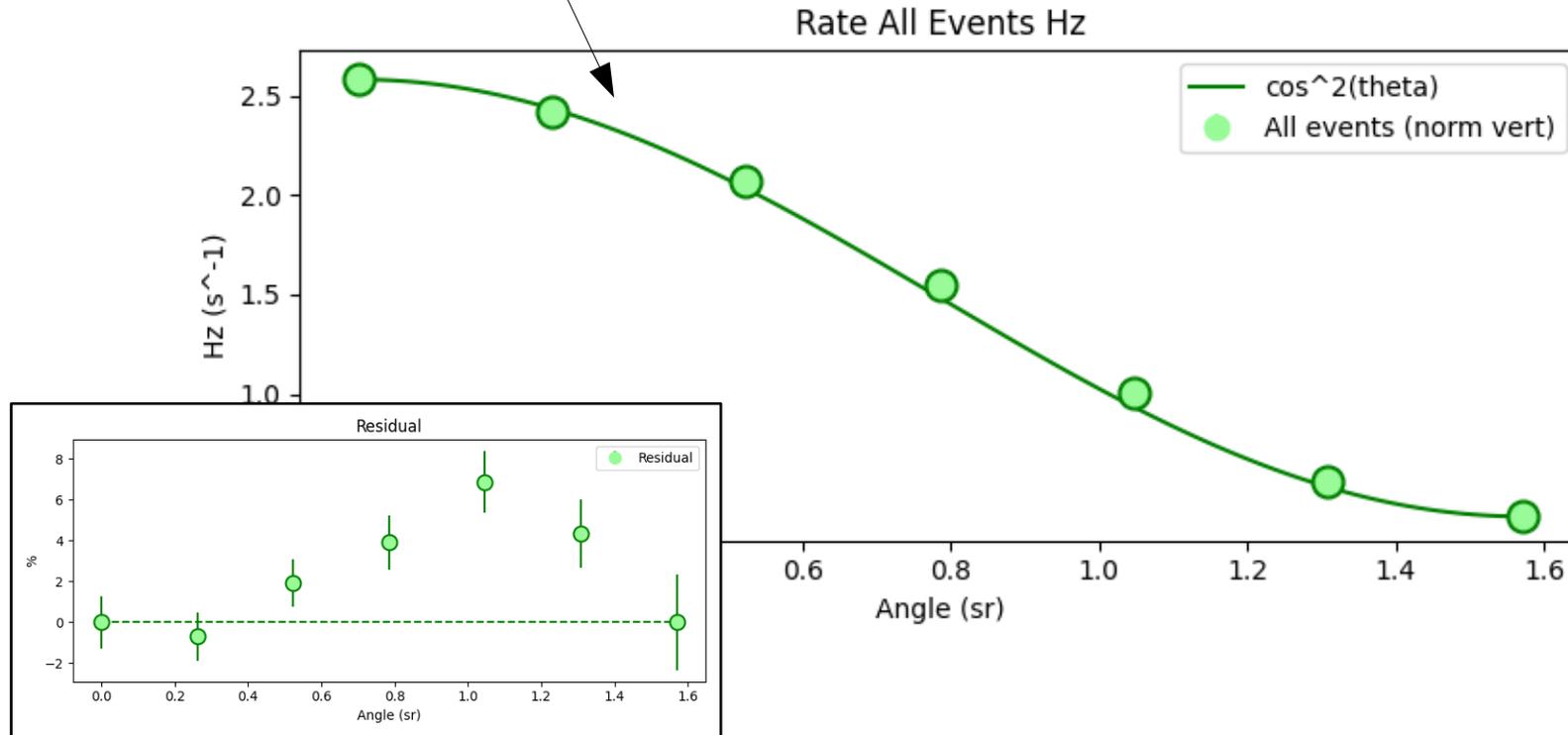
Qual è il valore previsto a 90 gradi?

# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

Funzione

$$\cos^2(\text{Angle}) + \text{const}$$

Proviamo ad aggiungere un offset pari al valore della rate calcolata a 90 gradi

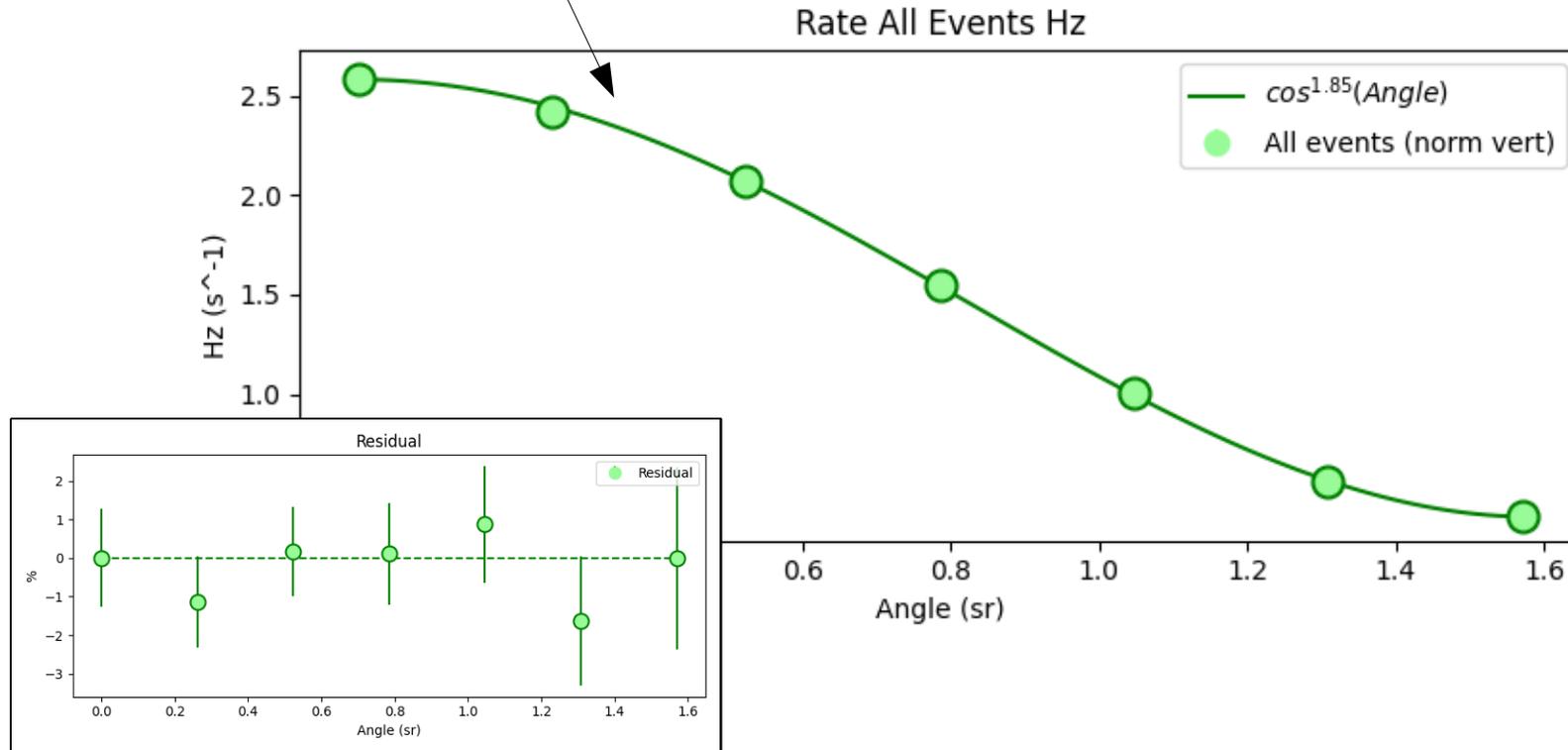


# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

Funzione

$$\cos^{1.85}(Angle) + const$$

Proviamo a cambiare l'esponente della funzione coseno

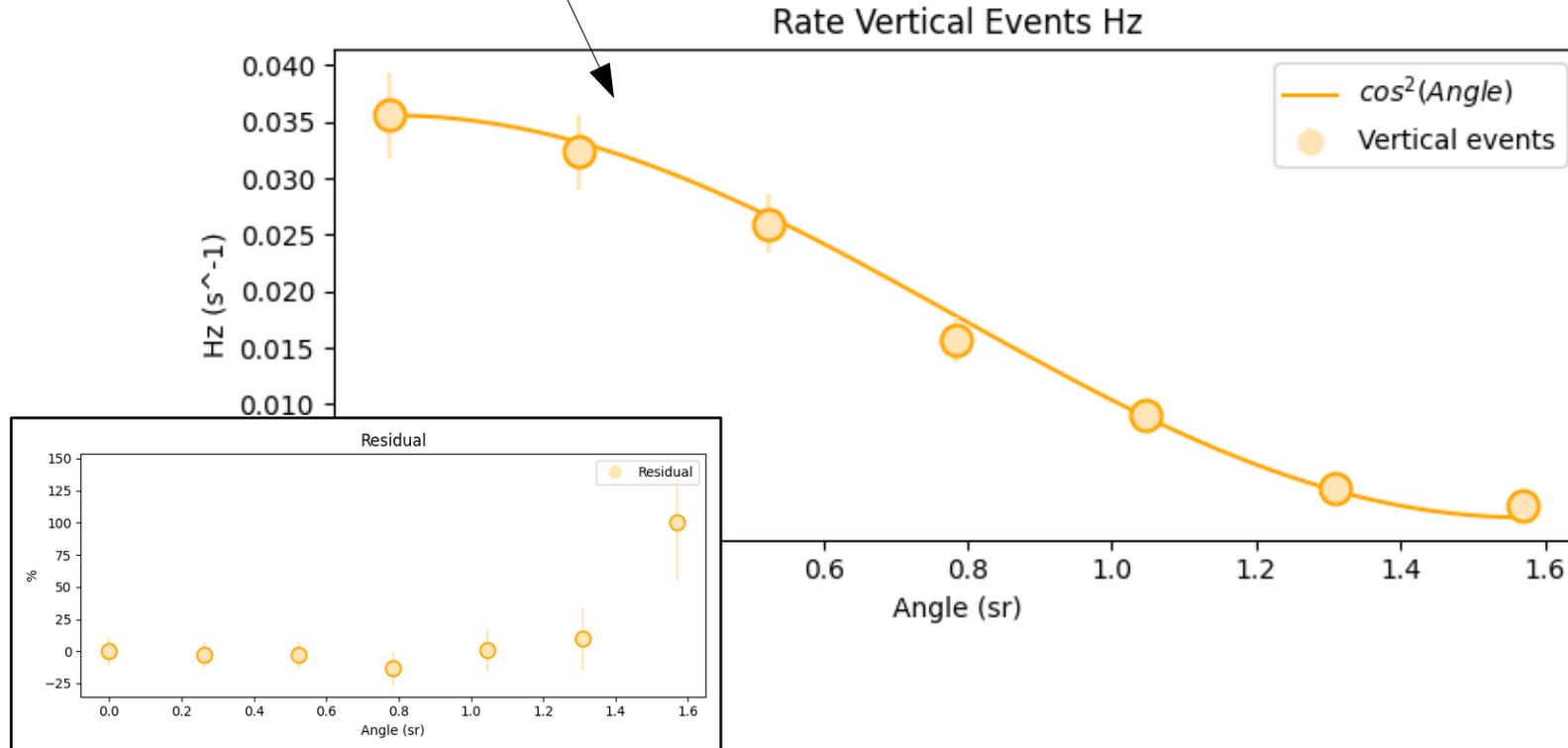


# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

Funzione

$$\cos^2(\text{Angle})$$

La funzione non descrive correttamente il set di dati raccolti. Perché?

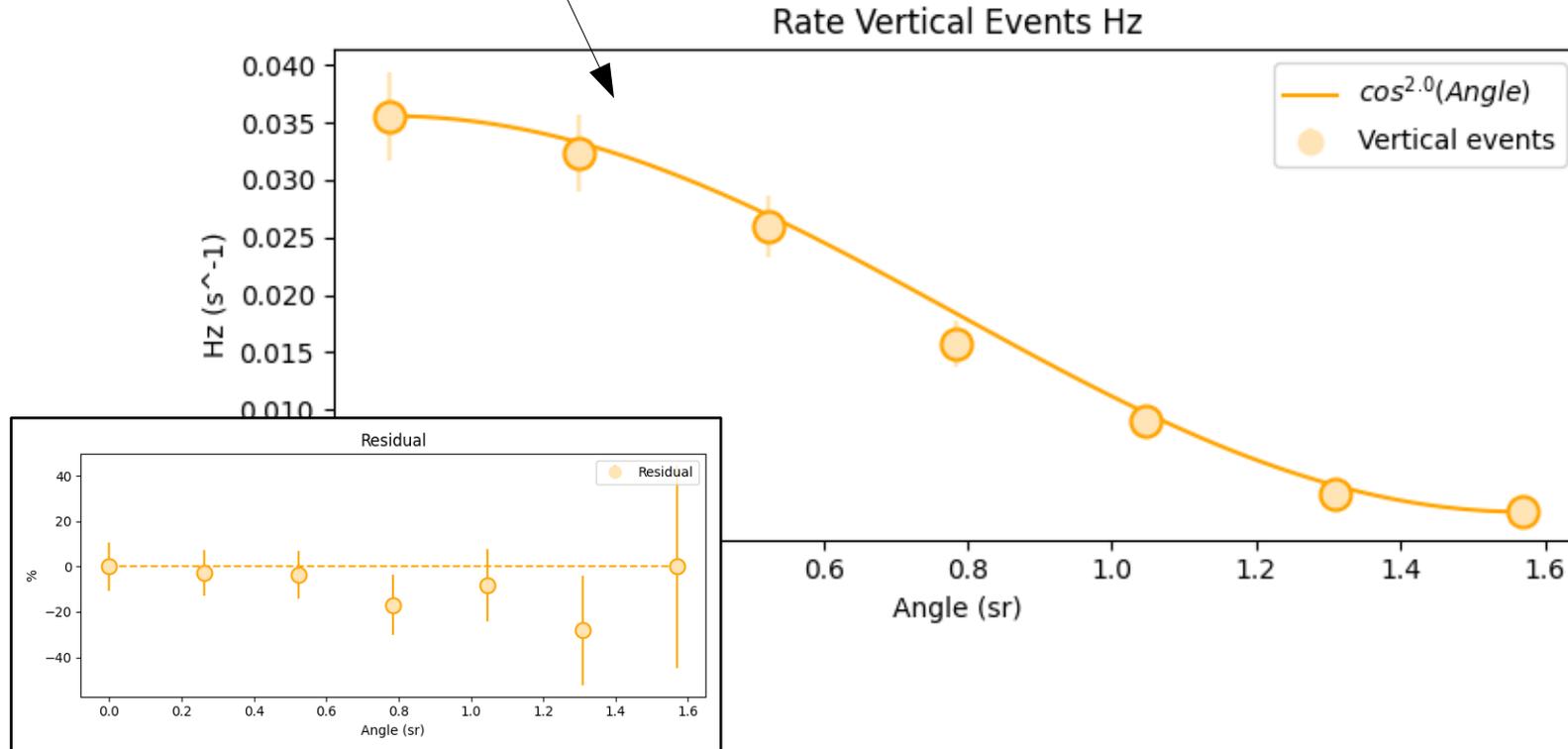


# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

Funzione

$$\cos^2(\text{Angle}) + \text{const}$$

La funzione non descrive correttamente il set di dati raccolti. Perché?

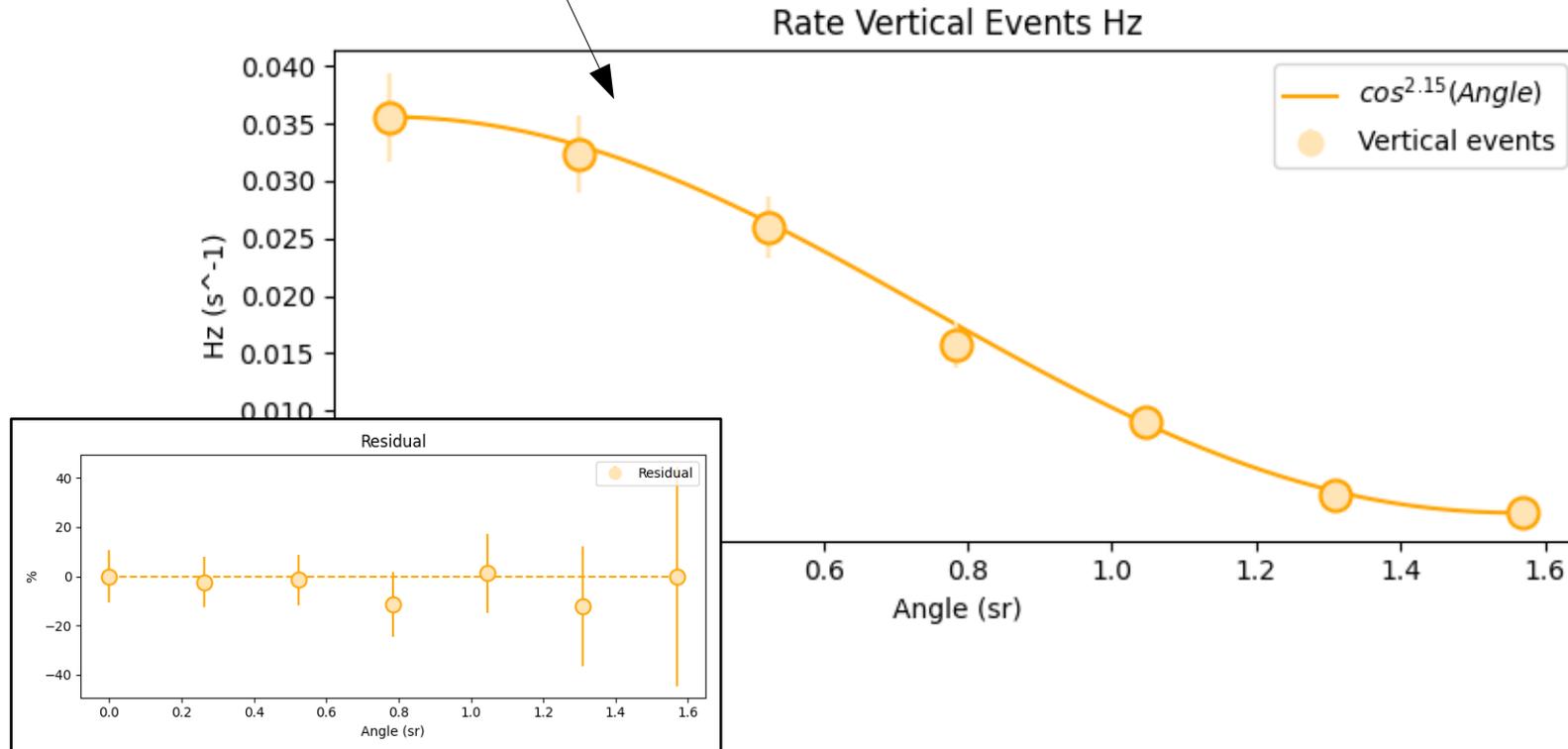


# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)

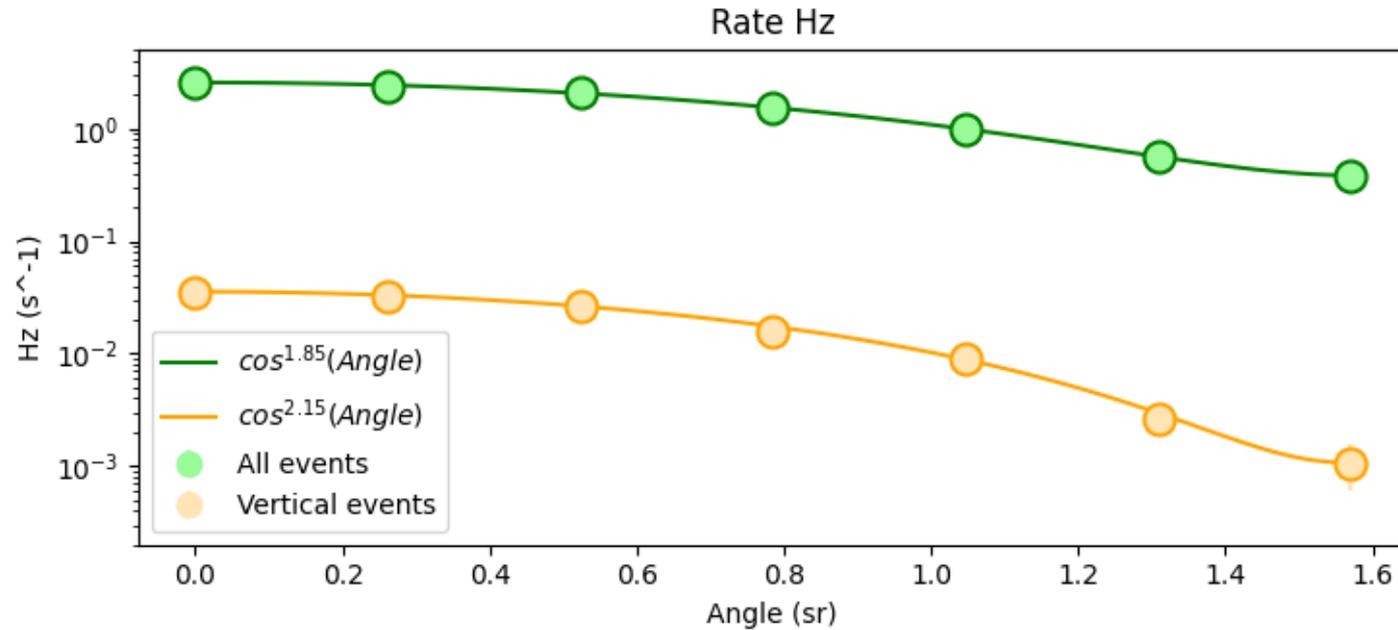
Funzione

$$\cos^{2.15}(Angle) + const$$

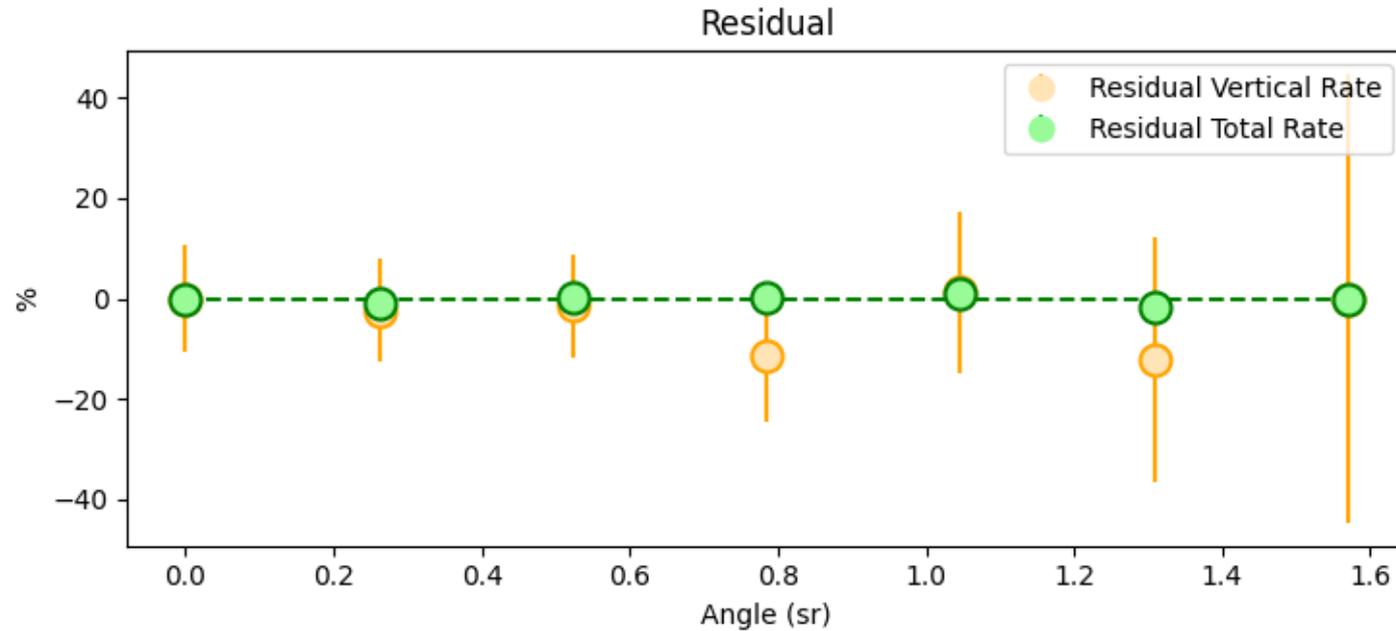
La funzione non descrive correttamente il set di dati raccolti. Perché?



# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)



# Istruzioni per l'analisi dati (un computer ogni gruppo)



# Stesura relazione finale

La relazione finale deve essere strutturata nel seguente modo:

- Scopo della misura;
- Apparato sperimentale;
- Presa dati;
- Analisi dati, (**possibilmente ripetuta con i dati acquisiti durante la giornata, vedi slide 28**);
- Riprodurre con un grafico quanto fatto durante l'analisi;
- Trovare l'indice della potenza del coseno che permette di riprodurre al meglio i dati
- Problematiche sperimentali;
- Come migliorare la misura e considerazioni aggiuntive (vedi slide 29);
- Considerazioni finali sui risultati.

Ogni relazione verra' fatta in collaborazione da 2 studenti e dovra' avere una lunghezza tra le 2 e le 3 pagine. Potra' essere scritta in Word o in Latex e dovra' includere il plot finale.

Le relazioni devono essere inviate entro il 30 gennaio 2024.

4-5 relazioni verranno selezionate per la visita ai laboratori del Gran Sasso

# Stesura relazione finale

Provate a ripetere l'analisi dei dati con i dati presi durante la giornata.

Li trovate nella cartella: DatiGioranta21Novembre.zip

Dovrete:

1) Analizzare con lo script python "**Calcolo\_TriggerRate.ipynb**" ognuno dei 7 angoli e ottenere la rate verticale e totale e gli errori statistici associati.

2) Scriverli in un file di testo "**TriggerRate\_OneDayAcquisition.txt**" con la formattazione che trovate a slide 11

3) Usare il programma "**Plot\_Data.ipynb**" per riprodurre i grafici

Le relazioni prodotte con i dati raccolti durante la giornata verranno valutate con un punteggio più alto.

# Stesura relazione finale

## !!Nota bene!!

4) Non stupitevi se i grafici che otterrete con le misure fatte il 21 novembre saranno diversi da quelli ottenuti con la misura preesistente. Le motivazioni possono essere molteplici:

- Un malfunzionamento dell'apparato, un calo di tensione, una diversa configurazione del trigger impostata senza accorgersene.
- Il fatto che la misura sia stata fatta in un luogo fisico diverso (ad esempio eravate sul carso e in una direzione avevamo una "montagna" che ha un effetto di schermatura importante per l'arrivo dei muoni)
- La misura è stata fatta in giorni diversi, il flusso di muoni non è esattamente costante nel tempo ma dipende dall'attività solare che può avere variazioni importanti anche in pochi giorni.

Non cercate quindi di riprodurre i plot finali uguali a quelli che abbiamo visto durante la giornata ma create i vostri grafici con i vostri dati e fate le considerazioni sui risultati che ottenete.

Domande a cui rispondere per integrare la vostra relazione. Non prendetele come una verifica o un compito per casa! Consideratele come dei suggerimenti guida per aggiungere considerazioni al vostro lavoro. Le considerazioni (se giuste) varranno punti aggiuntivi ai fini della valutazione.

- 1) Come si puo' aumentare la statistica di eventi acquisita?
- 2) Quali sono gli errori dominanti nella misura? Come li potremmo ridurre?
- 2) Come si puo' restringere l'angolo solido del telescopio e quindi diminuire l'angolo di apertura? In che modo questo aiuta ad avere una stima piu' precisa del flusso di muoni ad un dato angolo?
- 3) Ti aspetti che il flusso di muoni sia maggiore o minore di quello che abbiamo misurato se ripetessimo l'esperienza in cima al monte bianco? E se la misura di muoni avvenisse al di fuori dell'atmosfera? E nella fossa delle Marianne?