

# Time of flight

Andrea Foresi, Tommaso Lari

Novembre 2020



# Indice

<b>1</b>	<b>Utilities</b>	<b>5</b>
1.1	Introduzione . . . . .	5
1.2	altro utile . . . . .	5
1.3	Strumentazione . . . . .	5
1.3.1	Apparato sperimentale . . . . .	5
1.4	Obiettivi . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Logbook</b>	<b>7</b>
2.1	Giorno 1, 12-11-2220, Calibrazione, PMT 1-3 . . . . .	7
2.1.1	Scelta Discriminazione . . . . .	7
2.1.2	Calibrazione primo fototubo . . . . .	8
2.1.3	Calibrazione secondo fototubo . . . . .	8
2.1.4	Calibrazione terzo fototubo, Secondo scintillatore . . . . .	9
2.2	Giorno 2, 17-11-2020 . . . . .	9
2.2.1	Ritardi . . . . .	9
2.2.2	Calcolo coincidenze, Efficienza PMT-1 . . . . .	10
2.2.3	Calcolo coincidenze, efficienza PMT-2 . . . . .	10
2.2.4	Visualizzazione su oscilloscopio . . . . .	11
2.3	Giorno 2.5, Giovedì 19 Novembre . . . . .	11
2.3.1	cosa vorremo fare . . . . .	12
2.4	Giorno 3, Venerdì 20 Novembre . . . . .	12
2.5	Giorno 4, Giovedì 26 Novembre . . . . .	14
2.5.1	Calibrazione Coincidenze PMT-4 . . . . .	14
2.6	Giorno 5, 1 dicembre 2020 . . . . .	15
2.6.1	primi istogrammi . . . . .	15
2.7	Giorno 6, Venerdì 4 dicembre 2020 . . . . .	17
2.8	recupero #1 9/12/2020 . . . . .	18
2.9	recupero #2, Giovedì 10 Dicembre . . . . .	18
2.10	Recupero #3, venerdì 11 dicembre . . . . .	21
2.10.1	Mattina, Analisi dati . . . . .	21
2.11	Considerazioni 15 Dicembre . . . . .	21
2.12	18/12 considerazioni . . . . .	21
2.12.1	errori su ricostruzione Dt . . . . .	21
2.12.2	calcolo di v . . . . .	21
2.13	venerdì 18 dicembre . . . . .	22
2.14	schema apparato sperimentale . . . . .	22
<b>A</b>	<b>Appendici</b>	<b>25</b>
A.1	Scelta livello discriminatore errata . . . . .	25
A.2	Plateau nelle coincidenze doppie e triple . . . . .	25
A.3	Errori . . . . .	25



# Capitolo 1

## Utilities

### 1.1 Introduzione

L'esperienza consiste nella misura del tempo di volo di raggi cosmici (muoni) che raggiungono la superficie terrestre per mettere in evidenza la piccola frazione di essi che hanno velocità non relativistiche

### 1.2 altro utile

Passa fedora dell'account studenti:

### 1.3 Strumentazione

#### 1.3.1 Apparato sperimentale

La foto andrà rifatta se necessario.

Fai riferimento all'immagine 1.1.

I raggi cosmici saranno catturati in uno scintillatore stretto e lungo (segnato con il punto 5 dietro la barra 4). Ai capi di questo si trovano due fototubi per ricevere il segnale.

Lo scintillatore 3 è mobile si sposta sulla barra "4" ed è uguale a quelli dell'esperienza precedente.

In basso troviamo il secondo set-up dove è possibile inserire sulla barra 6 un altro scintillatore mentre ne abbiamo uno al punto 8.

Tutta la strumentazione per la ricezione dei segnali, oscilloscopio moduli nim etc sono nel punto 7

Apparato Sperimentale



Figura 1.1: I punti 1 e 8 indicati con le frecce sono purtroppo fuori dalla foto, il punto 5 è esattamente dietro la sbarra segnata dal 4

1. Fotomoltiplicatori per rivelare segnali nello scintillatore lungo
2. non so perché non ci sia il punto 2..
3. scintillatore mobile con PMT-3

4. barra sul quale muovere lo scintillatore 3
5. Barra di scintillatore BICRON BC408 ( $\sim 2,5\text{m} \times 4\text{cm} \times 4\text{cm}$ ,  $v_{\text{segnale}} = 30 \frac{\text{cm}}{\text{ns}}$  perciò avremo un ritardo di circa 8-9 ns max supponendo traiettorie lineari)
6. seconda barra per un ulteriore scintillatore (PMT-3) e dove appoggeremo la lastra di piombo
7. Strumentazione in generale
  - Oscilloscopio 4 canali Tektronix MDO34
  - Alimentatore 4 canali CAEN DT5533E1.3.1
  - Modulo NIM ADC, CAEN N6725S1.3.1
8. secondo scintillatore

## Alimentatore alta tensione

Serve la connessione internet quindi con e credenziali di ateneo attiva unipisa o eduroam o quel che è.

Attivazione e come usarlo:

1. Accensione con solito pulsante on/off sullo strumento
2. sulla home del pc sulla sinistra nella barra activities aprire putty. Selezionare Si aprirà una schermata tutta nera (DC caen supply load e poi open
3. digitare sena possibilità di vedere "caen"
4. slezionare tra le varie opzioni "display" scrivere d
5. adesso è aperta la schermata per gestire lo strumento. Nella parte superiore sono visibili le letture dell'alimentatore, corrente voltaggio "istantaneo", quella inferiore è la parte interattiva con la quale si decide quali parametri modificare

Alcune cose utili:

- si aziona o spegne tramite barr spaziatrice.
- con la g si selezionano tutti i canali.
- i canali sono ordinati da  $0 \rightarrow 3$  o da  $1 \rightarrow 4$  e indicano esattamente i PMT 1,2,3,4

## ADC Converter

Flash converter N6725S

Prima di accendere questo modulo NIM accendere le ventole con un pulsante sulla basetta inferiore per raffreddare il modulo. 4 input, 4canali già terminati a  $50 \Omega$

### Come farlo partire

Da terminale andare nella cartella dell'esperienza, in questo caso TOF dentro files, e far partire il programma con in linea di comando il file txt con le configurazioni necessarie:

```
wavedump WaveDumpConfigToF.txt
```

Per modificare il file configurazione seguire il manuale del software reperibile in internet.

## 1.4 Obiettivi

1. Osservare e misurare il ritardo temporale tra PMT-1 e PMT-2 triggerando su PMT-3.  
Quindi terremo fermo il PMT-3 in determinate posizioni a nostra scelta in questa maniera sapremo la posizione esatta o circa esatta al quale associeremo il ritardo dei due PMT. Mi aspetto una distribuzione simmetrica

## Capitolo 2

# Logbook

### 2.1 Giorno 1, 12-11-2220, Calibrazione, PMT 1-3

#### 2.1.1 Scelta Discriminazione

Per iniziare l'esperienza ho pensato di fare le stesse cose fatte nella precedente esperienza calibrando i 3 fotomoltiplicatori e massimizzando le coincidenze tra almeno 1 dei due sulla barra lunga con quello mobile.

Per prima cosa ho osservato l'oscilloscopio tenendo il trigger molto basso ( $\sim -10mV$ ) e osservando quale potesse essere una buona scelta per successivamente impostare i livelli del discriminatore.

Segnali sovrapposti su oscilloscopio

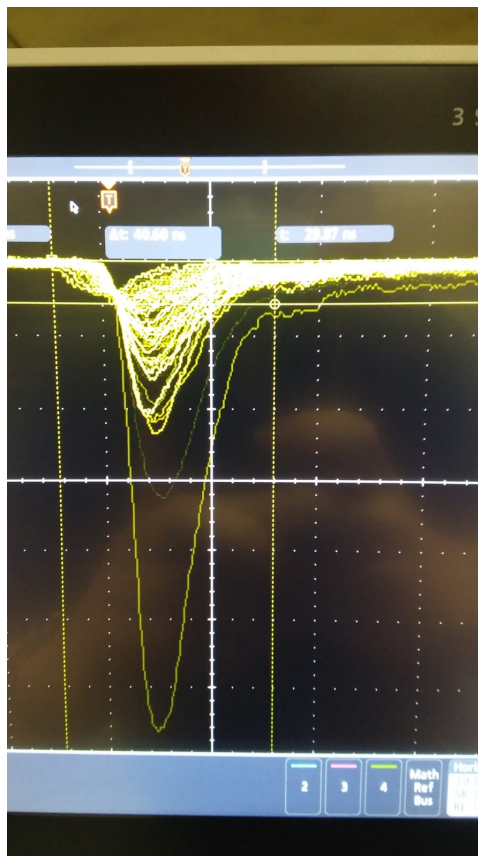


Figura 2.1: Fermo immagine di alcuni segnali sovrapposti provenienti dall'apparato spiegato precedentemente 1.3.1. Le divisioni sull'oscilloscopio valgono 100mv in verticale e 10 ns in orizzontale

La scelta che ho fatto per discriminare i segnali osservando i segnali sull'oscilloscopio, come in figura 2.1, è stata di -45 mv, potendo eliminare una prima parte di segnali probabilmente attribuibili a rumore, e una durata dell'impulso in uscita di  $\sim 50ns$ <sup>1</sup>.

Ho notato che i segnali discriminati probabilmente non hanno tutti esattamente la lunghezza indicata ma sono soggetti a delle variazioni, in particolare ho notato questo effetto sul PMT-3 (quello mobile). Probabilmente è perché ho triggerato male sull'oscilloscopio.

<sup>1</sup>Questa seconda scelta è molto molto larga anche il professore me l'ha confermato. Spiego tutto meglio in un'appendice A.1. Vedremo più avanti a quali effetti ha portato questa mia scelta

## Collegamenti al Discriminatore

Al momento sono collegati al discriminatore i primi 3 fototubi in particolare facendo riferimento ai 4 sottomoduli del modulo NIM abbiamo:

SottoModulo 1	Niente
SottoModulo 2	PMT-2
SottoModulo 3	PMT-1
SottoModulo 4	PMT-3

Tabella 2.1: Collegamenti dei fotomoltiplicatori al discriminatore

Non più veri li abbiamo cambiati

SottoModulo 1	PMT-4
SottoModulo 2	PMT-1
SottoModulo 3	PMT-2
SottoModulo 4	PMT-3

Tabella 2.2: Collegamenti dei fotomoltiplicatori al discriminatore

### 2.1.2 Calibrazione primo fototubo

Una volta scelto il livello del discriminatore ho modificato il livello di alimentazione del fototubo PMT1(quello di sinistra)cercando un possibile valore corrispondente di ddp per il quale si ha una pendenza più bassa della dipendenza dei conteggi con V di alimentazione.<sup>2</sup>

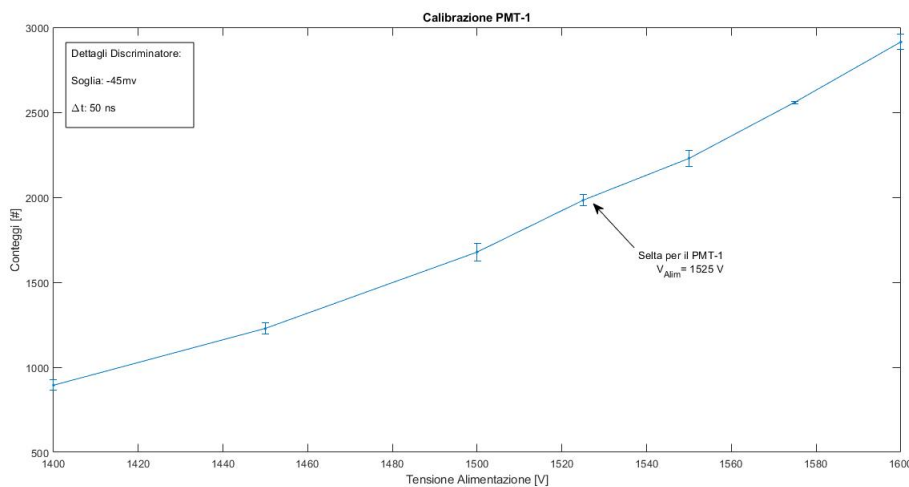


Figura 2.2: Per ogni tensione di alimentazione ho preso almeno 3 conteggi per vedere se questi potessero fluttuare molto e per avere una stima leggermente migliore dei conteggi.

Non si nota un plateau molto netto per il momento ho scelto 1525V perché molto ma molto a braccio i conteggi effettuati sembrano essere più vicini a quelli riferiti alle tensioni di 1550 e 1500 V.

<sup>3</sup> **il plateau si vede poco proviamo a cambiare la soglia del discriminatore, controllando prima il segnale puro all'oscilloscopio esplorando fino a 1800. Facciamo prove andando da -50, -100 e -150mv di Threshold e cambiamo l'alimentazione a centinaia di volt**

### 2.1.3 Calibrazione secondo fototubo

Per il secondo fototubo (quello di destra nella figura 1.1) non ho eseguito misure perché mi è stato consigliato comunque di mantenere le stesse scelte del primo fototubo (2.1.2).

Perciò ho alimentato il PMT2 con 1525V di tensione.

<sup>2</sup>Nella prima esperienza (se non li sicuramente da altre parti) penso di aver spiegato un po' in cosa consiste questo grafico e come si comporta. Parlare di pendenza minore è errato si deve proprio indicare un plateau

<sup>3</sup>Comincio a pensare che sbaglio completamente la scelta dei livelli di trigger. ho l'impressione di eliminare troppi eventi lasciando quelli ad energia troppo elevata. Del resto durante la prima esperienza avevo qualche dubbio riguardante il probabile guadagno del PMT



### 2.1.4 Calibrazione terzo fototubo, Secondo scintillatore

Anche in questo caso ho considerato ragionevole mantenere le stesse configurazioni per la discriminazione (vedi 2.1.1). Come nel caso del primo fototubo sono andato a cercare la tensione di alimentazione migliore:

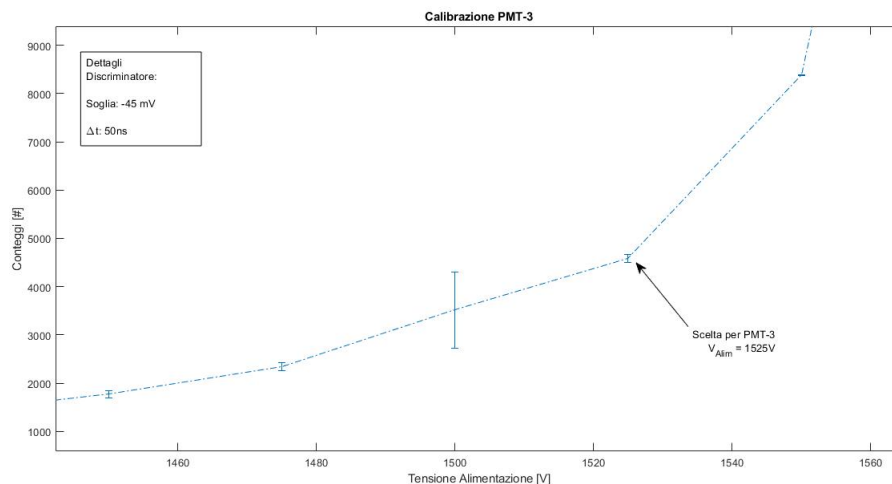


Figura 2.3: I dati presi sono andati da 1300 a 1600 V ma ho riportato uno zoom sulla parte ritenuta interessante.

La scelta è ricaduta su 1525 V.

### Ritardi

In questo caso devo considerare le coincidenze doppie di uno dei due PMT con questo terzo. Il risultato non è riportato in figura perché per effetto della scelta di un  $\Delta t$  di discriminazione di 50ns si hanno circa una ventina di coincidenze fisse che per essere annullate è necessario inserire un ritardo abbondantemente superiore ai 100ns. per vedere ciò ho utilizzato due moduli NIM di ritardi

## 2.2 Giorno 2, 17-11-2020

**Cosa vorremmo fare** Calibrazione di un PMT con 3 livelli di trigger e diversi di alimentazione. ricerca del plateau. mettiamo il trigger del discriminatore a -50, -100 e -150 mv cambiando l'alimentazione per centinaia di Volt 1300->1800 vogliamo un plateau ad una di queste vThreshold per avere una discriminazione tra eventi "cosmici" e rumore di fondo. Calibrazione secondo PMT

Iniziamo con  $V_{\text{alim}}$  uguale al 3 cambiare il threshold discriminatore per avere un numero di eventi confrontabili (almeno ordine di grandezza).

Ritardi .

Ricerca plateau per massimizzare la coincidenza doppia. teniamo fisso il primo calibrato e si modifica il secondo

Calibrazione terzo PMT

Alimentato e discriminato come il primo.

Coincidenza doppia e tripla tenendo il secondo uguale al primo e modificando la tensione di threshold del discriminatore

Volevamo ripartire dalla calibrazione dei singoli scintillatori+PMT cambiando i livelli di trigger e per ogni livello di trigger prendere alcune misure ad alimentazioni differenti ma ci è stato sconsigliato.

**Perché non può essere una buona idea?**

Probabilmente è un esercizio lungo e al momento inutile? Io sono stato solito tenere il discriminatore a circa 40-50 mv tommy addirittura a centinaia di mv quindi abbiamo tenuto le impostazioni della scorsa giornata quindi:

- Alimentazione PMT-1→3 1525V
- $V_{Th} = -45\text{mv}(\text{PMT-1,2}); -51\text{mV PMT-3}$
- Lunghezza discriminazione  $\sim 50\text{ns}$

Non avendo trovato un considerevole Plateau nei grafici 2.2 e 2.3 abbiamo scelto di aumentare il numero di eventi in lettura sui singoli PMT portando l'alimentazione di tutti e 3 i PMT a 1600V.

Raggiungiamo quindi valori di circa 300 conteggi al secondo per i PMT-1e2 mentre circa 1500cps per il PMT-3.

### 2.2.1 Ritardi

Data la lunghezza dei segnali del discriminatore non abbiamo ritenuto necessario fare un grafico dei conteggi in funzione di un eventuale ritardo inserito tramite modulo delay NIM<sup>4</sup>.

<sup>4</sup>Questa cosa è già segnata nella sezione 2.1.4

### 2.2.2 Calcolo coincidenze, Efficienza PMT-1

Per andare a massimizzare l'efficienza del PMT-1 abbiamo pensato di calcolare il rapporto tra coincidenze doppie e triple dei segnali ricevuti nei 3 PMT; in particolare

$$\text{Coincidenza doppia} = C_{2,3}$$

$$\text{Coincidenza tripla} = C_{1,2,3}$$

Inizialmente abbiamo pensato di tenere il PMT-3, quello mobile, vicino al PMT 2 ma dovevamo tenere di conto che alcuni raggi non raggiungevano il PMT opposto per perdita di energia nel raggiungerlo. Perciò abbiamo eseguito queste prese dati tenendo il PMT-3 nel centro della barra scintillante:

$$\text{Posizione barra } L = \frac{277}{2} \text{ cm} = 138,5 \text{ cm}$$

Tenendo costante le alimentazioni dei PMT-2e3 abbiamo variato la tensione sul PMT-1 in cerca di un possibile Plateau

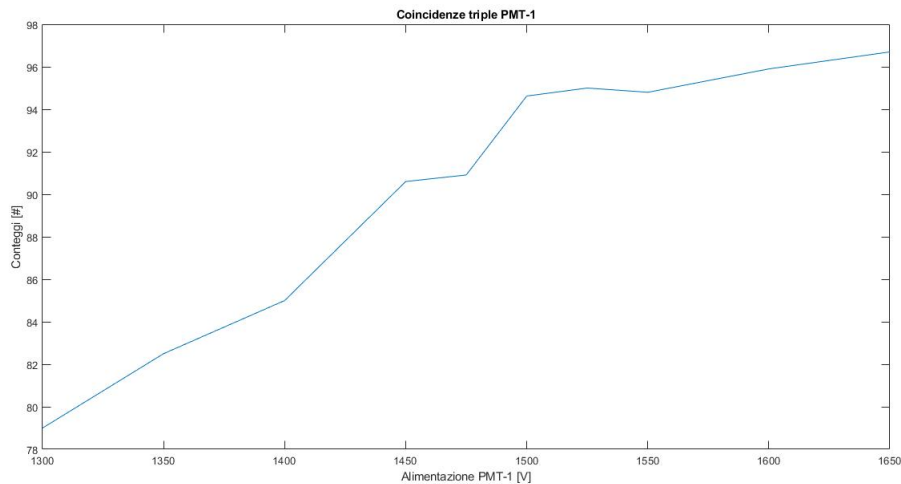


Figura 2.4: Per ogni tensione abbiamo sommato 3 record da 10 secondi per ricavare le coincidenze doppie e triple facendone il rapporto tra le due

Seguendo la prima idea della ricerca del plateau<sup>5</sup> abbiamo posto il PMT-1 alla tensione di alimentazione di 1510V così da essere ipoteticamente leggermente sopra lo scalino del plateau che abbiamo notato.

### 2.2.3 Calcolo coincidenze, efficienza PMT-2

Seguendo gli stessi passi della calibrazione del PMT-1 (vedi la sezione 2.2.2) abbiamo tenuto il PMT-3 nel centro con 1600V e il PMT-1 alimentato con 1510V.

a quel punto abbiamo cominciato a prendere alcuni dati senza finire per mancanza di tempo.

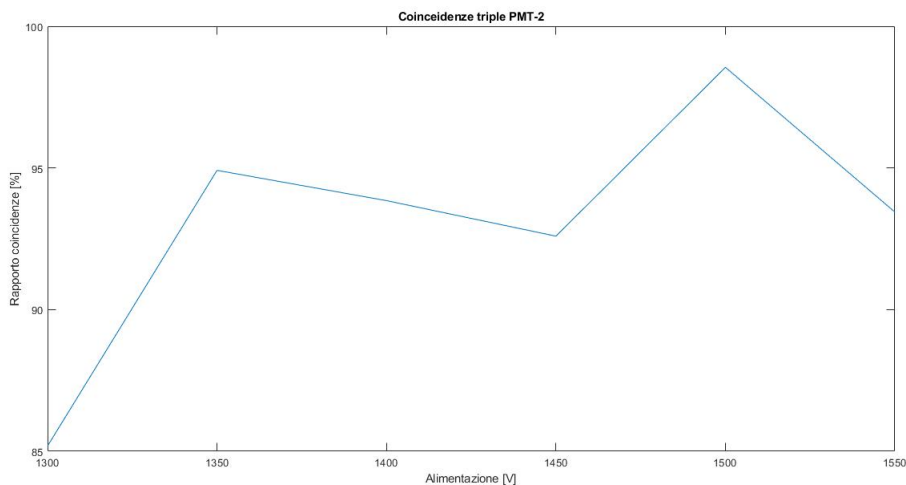


Figura 2.5: come nel caso precedente 2.4 abbiamo preso record da 30 secondi e fatto il rapporto tra le coincidenze doppie e triple

Al momento non lo abbiamo ancora osservato per bene, siamo in attesa del colloquio con il professore (A.2) Anche in questo comunque si nota che c'è un aumento del rapporto tendente verso il massimo 100%

<sup>5</sup>Questa ricerca del Plateau è giustificata nell'appendice A.2

### 2.2.4 Visualizzazione su oscilloscopio

Solo verso la fine hanno consigliato di visualizzare le coincidenze anche tramite oscilloscopio per una visualizzazione del fenomeno che aiuta la comprensione:

Coincidenze Oscilloscopio

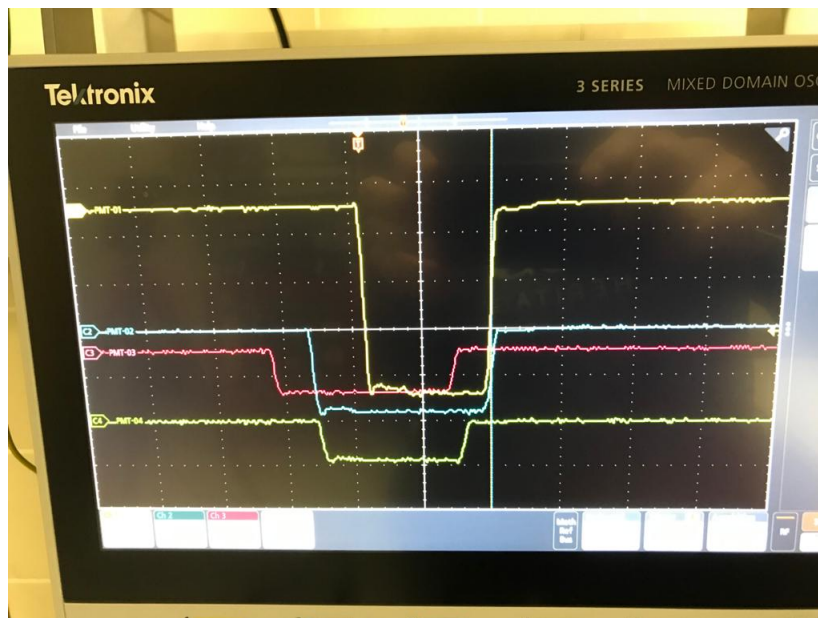


Figura 2.6: Giallo segnale della coincidenza tripla. Verde e blu PMT collegati alla barra scintillante Rosso PMT-3. Trigger impostato sulla coincidenza tripla

Le curve quadrate in figura 2.6 sono i segnali uscenti dal discriminatore dei singoli PMT e in giallo il segnale ucente dall'uscita out(non quella LIN) della coincidenza tripla.

## 2.3 Giorno 2.5, Giovedì 19 Novembre

Il professore ci ha concesso di farci da "braccio armato" e prenderà delle misure su nostre indicazioni.

Ha risistema qualche collegamento con cavi di simile lunghezza, ha consigliato di sistemare l'errore sulla disposizione di PMT e discriminatore. e ha consigliato di usare l'uscita out del modulo coincidenze e non lin.

Il prof consiglia di prendere le coincidenze con i 3 PMT e non con l'uscita della coincidenza doppia, effettivamente ha senso perchè permette di usare li stessi ritardi.

Primo modulo NIM triple, secondo le doppie. Ha risistemato anche il discriminatore.

Siamo sull'ordine del centinaio di kHz per i canali 1 e 2.

Partiamo da 1300 V con la calibrazione del PMT-2 conteggi per circa 100s per misurare anche la frequenza. Alimentazione Altri PMT-1 1510, PMT-3 1600V Sempre le solite circa -45mv e -51 prese dati di 100s.

Sto segnando tutti i dati sul file -46,6 -42,.. -50.2 sogli PMT.

Ci fermiamo quando raggiungiamo l'efficienza del 98%

raggiunta il 100% cerchiamo di abbassare la soglia del discriminatore per abbassare i conteggi.

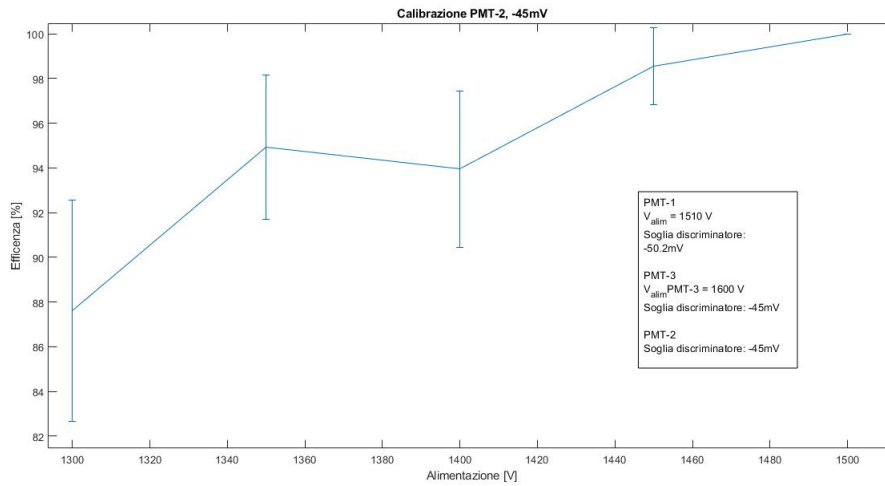


Figura 2.7

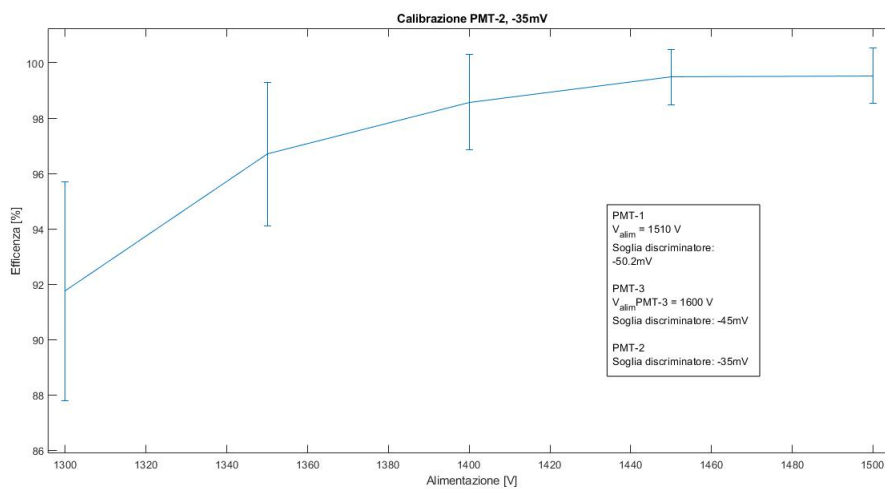


Figura 2.8

quando raggiungiamo l'efficienza del 98% abbiamo i seguenti conteggi nei due casi sopra 2.7 e 2.8

Soglia [mV]	$V_{Alim}$ [V]	PMT-1	PMT-2	PMT-3
-35	1400	14917	14281	98634
-45	1450	15043	14184	85169

Tabella 2.3: Conteggi in singola PMT

### 2.3.1 cosa vorremo fare

Da fare venerdì

Verifica veloce del mantenimento prese dati dopo un giorno fermo.

Mettiamo il PMT1 alle stesse condizioni del PMT2 e verifichiamo che siano identici punto 1 triggerando sulla coincidenza tripla si guarda se c'è ritardo tra i due PMT deve essere dentro un tot di ritardo dovuto alla larghezza. **Verifica simmetria** lasciando il 3 nel mezzo cercare di prendere quando c'è una coincidenza tripla di misurare i ritardi Speriamo ci sia la funzione direttamente sull'oscilloscopio.

Misura velocità luce nella barra con Fit:

$$\Delta t = \frac{L - 2x}{v} + (\tau_1 + \tau_2) \quad (2.1)$$

## 2.4 Giorno 3, Venerdì 20 Novembre

**Come misurare i ritardi.** oscilloscopio: trigger.dire di stoppare dopo 100 volte(menu' action trigger). 2 cavi stessa lunghezza, mettere terminazione a 50  $\Omega$ . triggero sulla tripla CH3. Delay tra canale 1 e 2 fronti di discesa , al 50% .Selezionare l' intervallo di tempo (gateing) in cui effettuare la misura.

Mettiamo il PMT 2 a 1450. prendiamo le coincidenze doppie 1-3 vs triple 1-2-3 per misurare l' efficienza del 1. Settiamo la

soglia del PMT1 -35 mV. (comunque la barra è lunga 280 cm).a 1550 V sono più le triple che le doppie (c' è un problema nel contatore) comunque l' efficienza è vicina a 1. Abbiamo trovato che a 1525 l' eff dell' 1 è circa 99% ; impostiamo questo valore di tensione da qui' in poi.

Misure ritardo tra 1 e 2

trigger menù-> setting->scegli come triggerarlo. Act on trigger-> decidere stop acquisition a 100 (muovendo la rotella). measure->time measurement->delay->i canali da prendere->configura->decidera la slope (la prima). global->gating->cursor(selezionare le linee rosse dentro le quasli fare l' acquisizione).Si osserva che i due segnali 1 e 2 hanno a stessa ampiezza.

media  $1.634 \pm 1.654$  ns (praticamente non si conclude nulla)

media  $1.1 \pm 0$  ns

media  $1.4 \pm 1.9$  ns

media  $1.5 \pm 1.5$  ns (low resolution)

proviamo ad aumentare le soglie per avere seganli più belli

media  $1.3 \pm 1.4$

**ora si misura la velocità**

posizione cm -1 —21 dt(1-2)=[ns] (si osserva che mettendo 3 tutto a sinistra (vicino a 1) il segnale del 2 è più piccolo questo è dovuto al' assorbimento della luce e la perdita di angolo solido( questo perchè la barra non riflette sempre)). i segnali sonon messi a scale opportune per essere confrontati.

pos [cm]	Media
10	dt=18.93± 2.6
50	39 dt = 13.71± 3.0
90	dt 8.423± 2.404
190	dt -3.736 ± 3.719
260	-13.59 ± 3.448
268	-15.01 ± 2.63

Tabella 2.4: Dati per il fit velocità

discussione sulla velocità nella barra; ci sono ragioni geometriche legate alla traiettoria che fanno i segnali nella barra per cui c' è una velocità efficace che è minore di quella della luce nel mezzo (rimbalzi sulle pareti di quelli storti che fanno quindi un percorso più lungo)

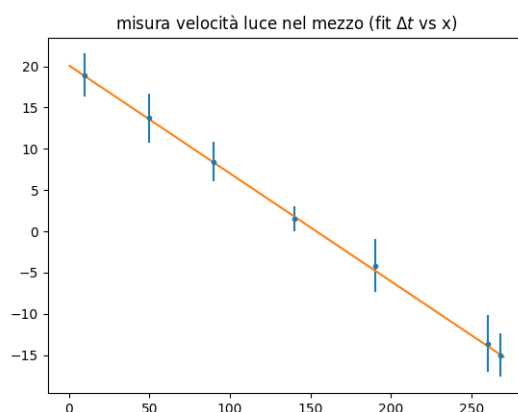


Figura 2.9: Dati fittati con una retta

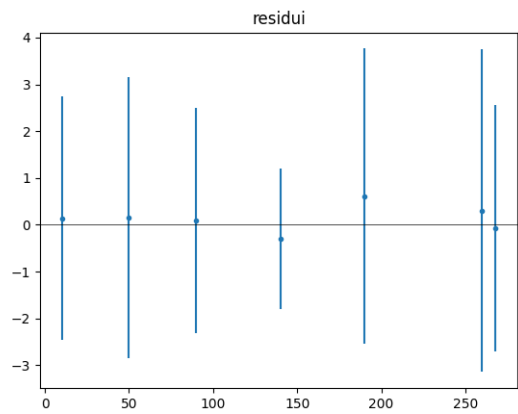


Figura 2.10: Residui relativi al fit 2.9

Risultati fit:  
 $v = 15.30 \pm 0.18$   
dal grafico dei residui si vede che i valori medi trovati dei tempi sono più vicini alla retta di quanto non siano grandi gli errori, questo può essere perché ..(non ne ho idea). l' incertezza dovuta al fatto che la barra ha una determinata larghezza è  $\frac{22}{15.3\sqrt{12}} = 0.42 \text{ ns}$  (è grande rispetto a quanto distano i punti (distanza media residui  $\sim 0.23$ ) nei residui forse ho sbagliato il conto/ non ha senso che venga di più/ forse anche vedendo la media dei residui ci vorrebbe un diviso 2 nella formula)

## 2.5   Giorno 4, Giovedì 26 Novembre

Anche oggi i livelli del discriminatore sono leggermente diversi da quelli che avevamo lasciato di circa 1.5-2mV

### 2.5.1   Calmibrazione Coincidenze PMT-4

Seguiremo i passi seguiti nelle precedenti sezioni(2.2.3 e 2.2.2) Procediamo con la calibrazione del PMT-4 con il solito metodo delle coincidenze doppie e triple.

PMT-4 discriminato sul più alto sottomodulo. Livelli del discriminatore:

- soglia: -35mv
- lunghezza: 50ns

Doppie tra 2e3, tripla tra 2-3-4.

Fermiamo il contatore quando si arriva a 100 conti delle doppie.

Canale	1	2	3	4	5	6	8
Cosa c'è	Conteggi 1	Conteggi 2	Conteggi 3	Conteggi 4	tempo	triple	doppie

Tabella 2.5: Caption

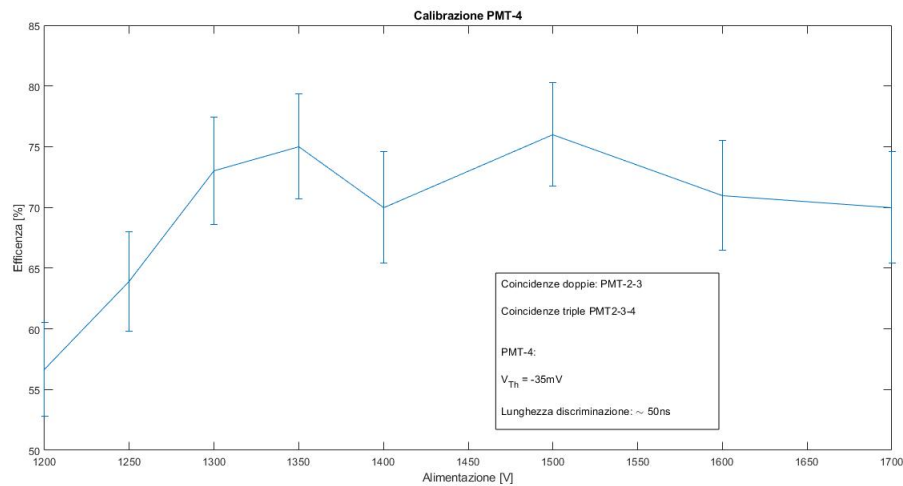


Figura 2.11: I PMT 2 e 3 erano impostati con gli stessi valori trovati in precedenza

Le coincidenze come si vede dalla figura 2.11 si stabilizzano sul 70% abbiamo ritenuto inutile proseguire oltre i 1700V di alimentazione in quanto abbiamo raggiunto un valore di conteggi in singola dell'ordine dei 10GHz, valore enorme.

I problemi potrebbero essere dovuti all'elettronica o alla grandezza dello scintillatore 4.

Non avendo trovato una soluzione ragionevole per rimediare a questa bassa efficienza abbiamo riportato l'alimentazione del PMT-4 a 1400V in modo di avere un numero di conteggi in singolo dell'ordine degli altri PMT.

Abbiamo quindi fatto giusto due misure alle tensioni di 1400 e 1350 e abbiamo ottenuto i seguenti risultati:

$V_{alim}$ [V]	doppie	triple	Cont. PMT1	Cont. PMT2	Cont. PMT3	Cont. PMT4	tempo[ms]
1400	100	84	668883	48185	135507	92826	273037
1350	100	67	62857	41377	168528	86412	349377

Per la fine delle 3 ore ci hanno introdotto all'ADC converter 1.3.1

## 2.6 Giorno 5, 1 dicembre 2020

inizialmente si cerca di far funzionare l' adc. e il professore ci guarda lo script python per analisi data. bisogna scrivere lo script per ' analisi dati. non ci riesce farlo che legge i file per come sono.

ora prendiamo un po' di misure

il pmt 3 su canale #1 gli altri a rotazione sul canale zero

—> ritardo 1-3

metto il 3 vicino all' 1 trigger tripla 1-2-3 e guardo i segnali 1-3 sull' adc. quando si fa partire wavedump bisogna dirgli con quale file di configurazione partire.

—>ritardo 3-2

(per contare quanti eventi prende. c' è event number—> usare wc(non ho capito bene))

presi e salvati in una cartella

—>ritardo 3-4

(ora il 3 è messo tutto a destra. a cm (centro 39.5) dall' inizio della parte triangolare)

misura salvata (ora il 3 è messo tutto a sinistra cioè 0 da dove è stato preso prima. cioè il centro del 3 sul' inizio del rettangolo)

misura salvata

—>>>

ora si prende la misura di 1-2 e 4 per vedere la velocità.

si mette anchè il 3 nel mezzo al 4 (a 23 cm da dove inizia il 4 )così quando ci passa abbiamo una misura più precisa della posizione della particella.

### 2.6.1 primi istogrammi

dopo le misure dell' 1/12 riporto i primi istogrammi.

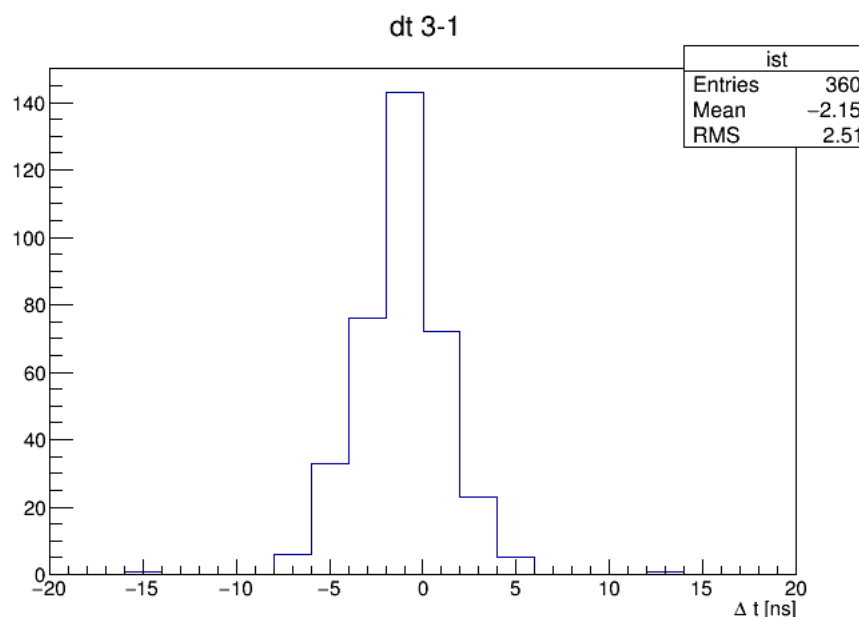


Figura 2.12

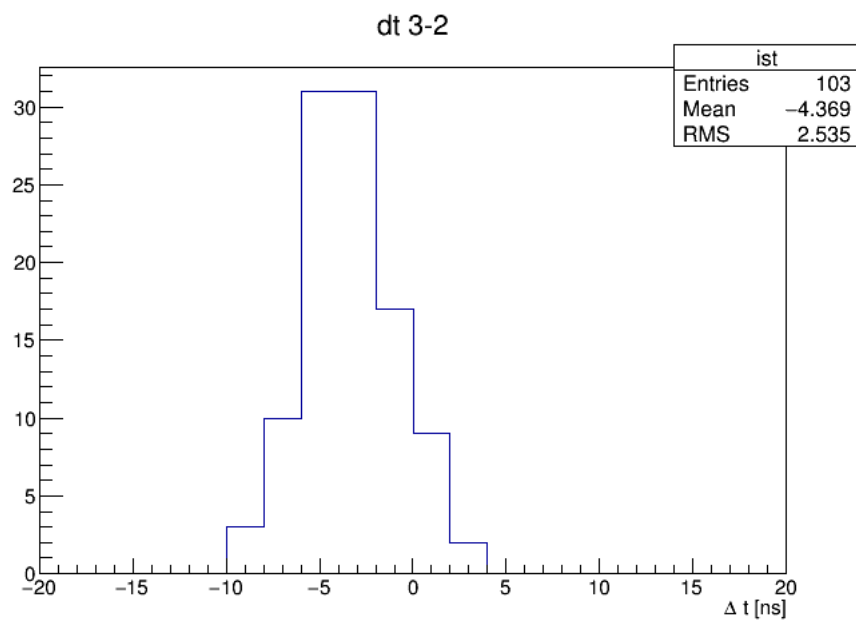


Figura 2.13

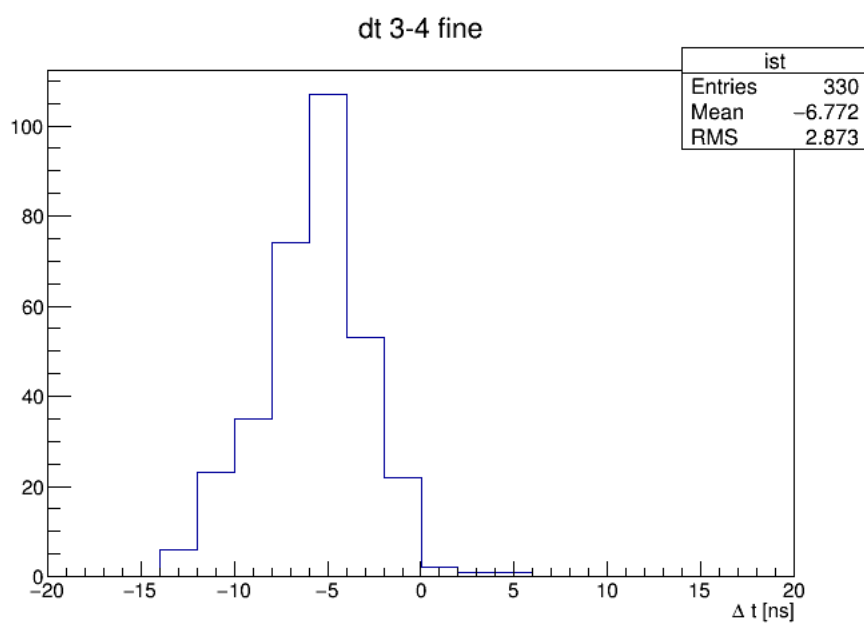


Figura 2.14



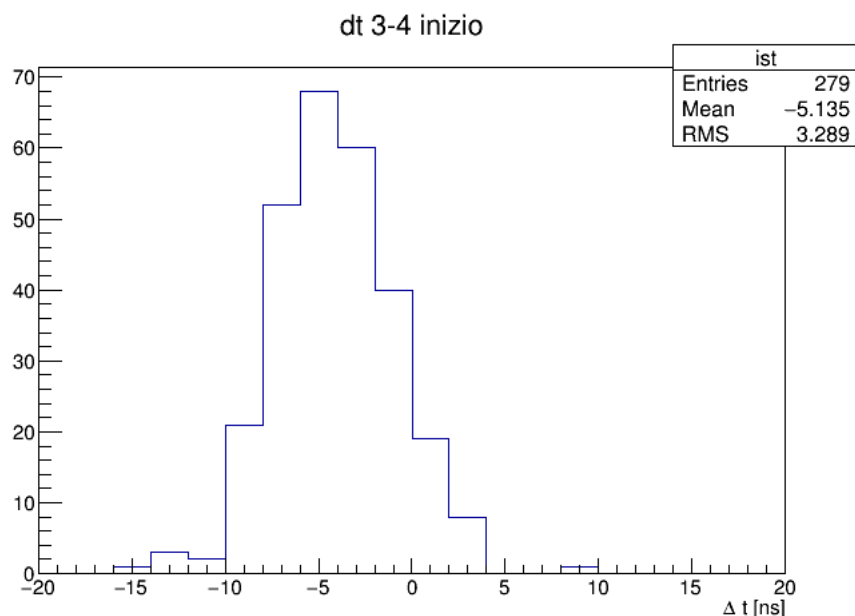


Figura 2.15

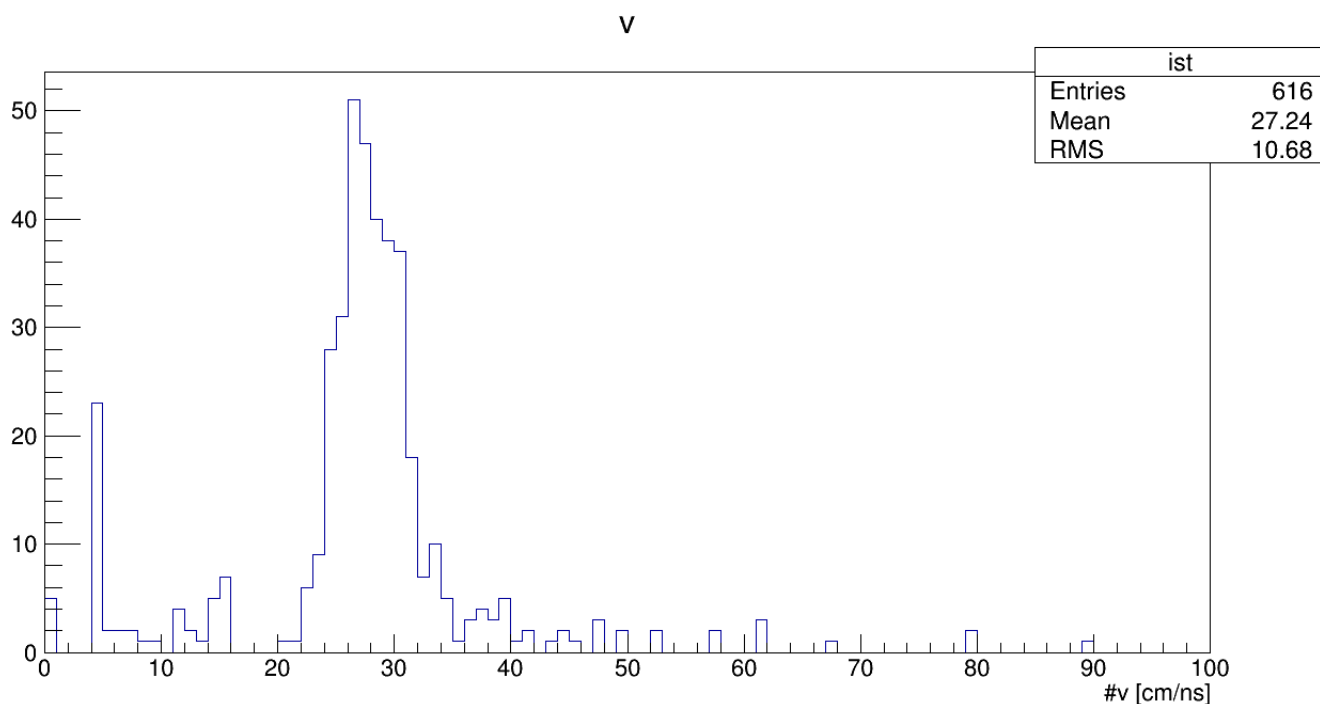


Figura 2.16

## 2.7 Giorno 6,Venerdì 4 dicembre 2020

connettori lemo per collegare l'adc con le altre prese:

femmina femmina bnc mcx6na poi 6mabnc per migliorare l'angolo al posto di tenere solo il pmt4 volevamo mettere il PMT3 sopra il 4 per migliorare l'errore sull'angolo. Gli errori andavano divisi per  $\sqrt{360}$ , numero di entries dell'istogramma.

si ha il minimo dell'errore nella velocità quando presumibilmente avremo il minimo di errore nella lunghezza.

Se non richiediamo la coincidenza potremo avere più eventi passanti nella barra prendere solamente 1 e 2 insieme

corrispondenza canali adc con PMT	canale0	PMT1
	canale1	PMT2
	canale2	PMT3
	canale3	PMT4

coincidenze 1-2-3 si riprendono i dt31-32 con PMT3 in alto vicino al PMT2 o 1. Si usa anche il Delta31 per la misura della velocità nella barra. Il centro del PMT3 è a 268cm.

IL PMT3 vicino PMT1 e si fa la stessa esecuzione. 10 cm il centro.

adesso con il pmt3 nel centro del 4 si fa la stessa cosa per vedere il ritardo. Nel trigger dell'adc ci inseriamo la doppia 3-4 e

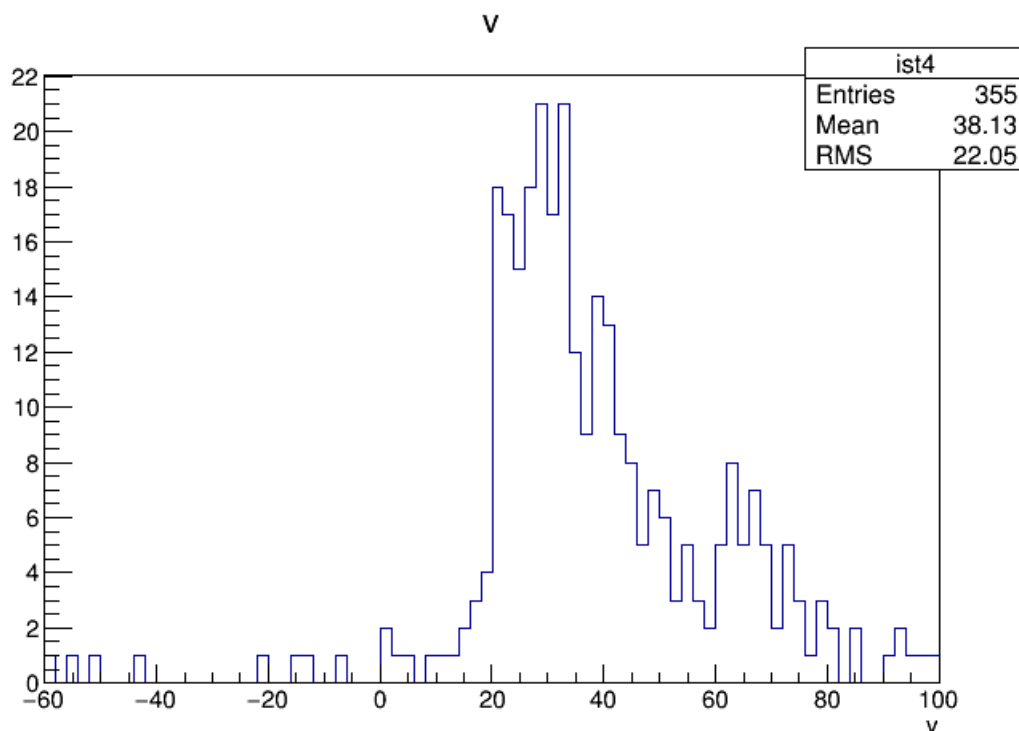


Figura 2.17

prendiamo i canali 2e3 dell'adc

#### ALTRI ISTOGRAMMI DI QUESTO GIORNO

##### COMMENTI FIGURE:

$x, \theta$  e  $\cos(\theta)$  ci possono stare.

il calcolo di  $v$  questa volta fa schifo (figura 3.17) secondo me ci sono più problemi facendolo col 3 che col 4; ho pensato che possa dipendere dal fatto che il 3 non lo avevamo regolato bene (tensione alimentazione e soglia) perchè pensavamo di non usarlo. Può essere che prende in più eventi casuali o segnali troppo grossi che sballano l'analisi. Valutiamo se fare la regolazione o se prendere i dati anche col 4 acceso in modo da "salvare" comunque la presa dati nel caso facciano schifo.

per quanto riguarda l'attenuazione. il grafico con solo 1-2 accesi è quello figura 3.22 : si intravede l'andamento esponenziale (come previsto) solo che se ne vedono 2 uno più in alto uno più in basso. E' come se fossero 2 eventi diversi, forse la "linea" in alto sono particelle e quella in basso sono fotoni che entrano e hanno meno energia. ho provato a fare l'attenuazione nella presa dati con 1-2-3 insieme (qui c'è il 3 in coincidenza e il rumore di fotoni che entrano dovrebbe sparire) infatti qui i punti in basso sembrano andare via (figura 3.21).

## 2.8 recupero #1 9/12/2020

(1) abbiamo abbassato a tensione di alimentazione del PMT 3 a 1450 V

(2) per midurare i ritardi tra 1-2 e 3 abbiamo messo il 3 in alto nel centro della barra. primi dati la soglia era messa a 45 mV. (cartella ritardi123) poi per sicurezza abbiamo messo la soglia a 35 mV e abbiamo ripreso le misure (per essere sicuri di avere segnali "dello stesso tipo" per la ricostruzione del tempo del segnale). (cartella ritardi123s30)

(3) Dopo abbiamo messo il 3 in basso (al centro, trovato da andre col filo a piombo) e abbiamo preso prima coincidenze doppie 3,4 per vedere il ritardo tra 3 e 4. (ritardi34) OSS-» qui stiamo prendendo i dati sempre per 1-2-3-4. (poi vediamo se servono tutti o meno) OSS-» da qui mettiamo la data nel nome del file di presa dati. (4) ora prendiamo i dati per fare a distribuzione di  $v$  cioè coincidenza 1-2-3 con 3 in basso.

## 2.9 recupero #2, Giovedì 10 Dicembre

il prof ha prelevato i dati del giorno passato Prova che la luce non influisce sui dati i conteggi passano da 7538Hz a 7497 senza luce.

Calcoli per il piombo necessario e abbiamo 1,4cm di piombo tra il PMT3 e il PMT4.

Verifica degli "eventi casuali" nella finestra di 1030 dati ovvero di 4120 ns dell'adc.

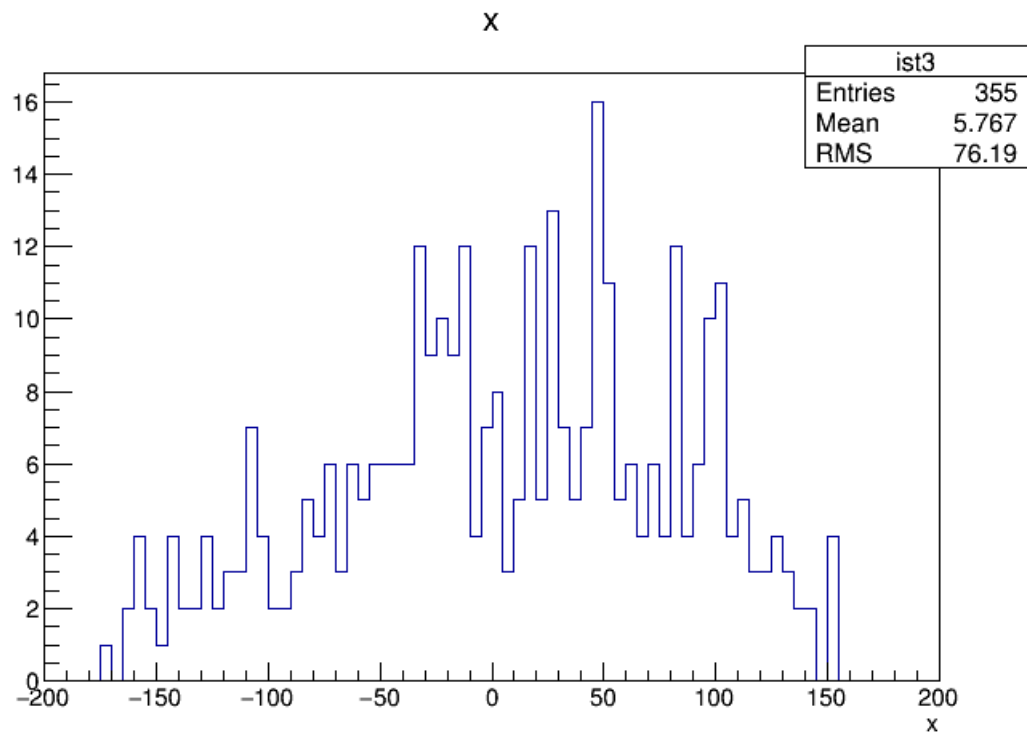


Figura 2.18

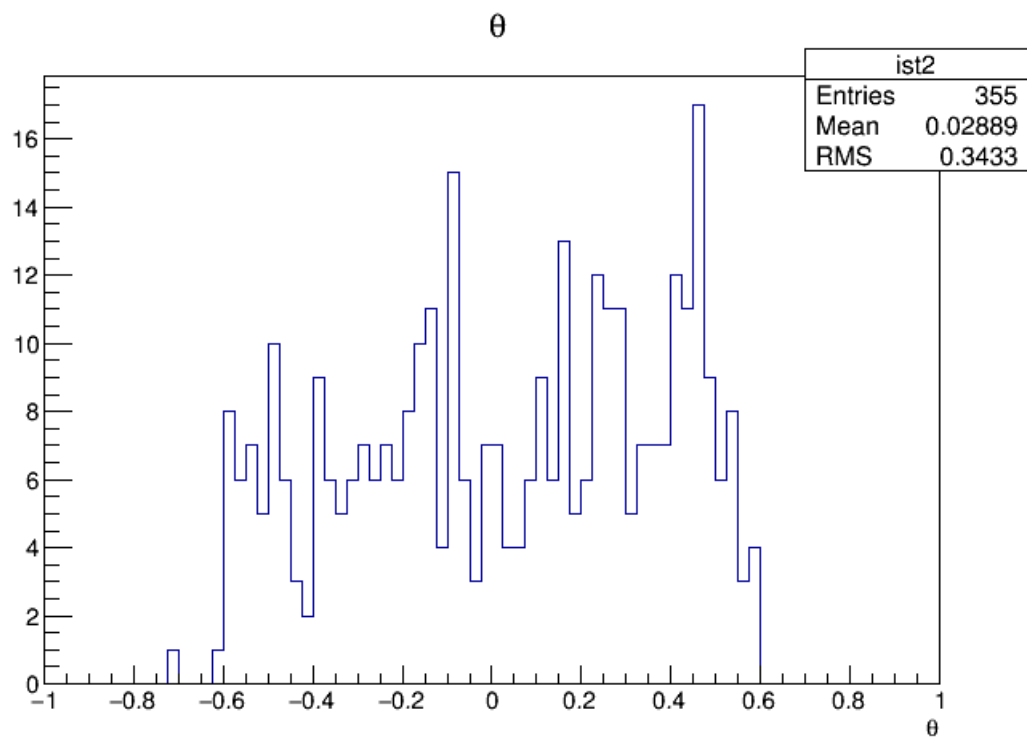


Figura 2.19

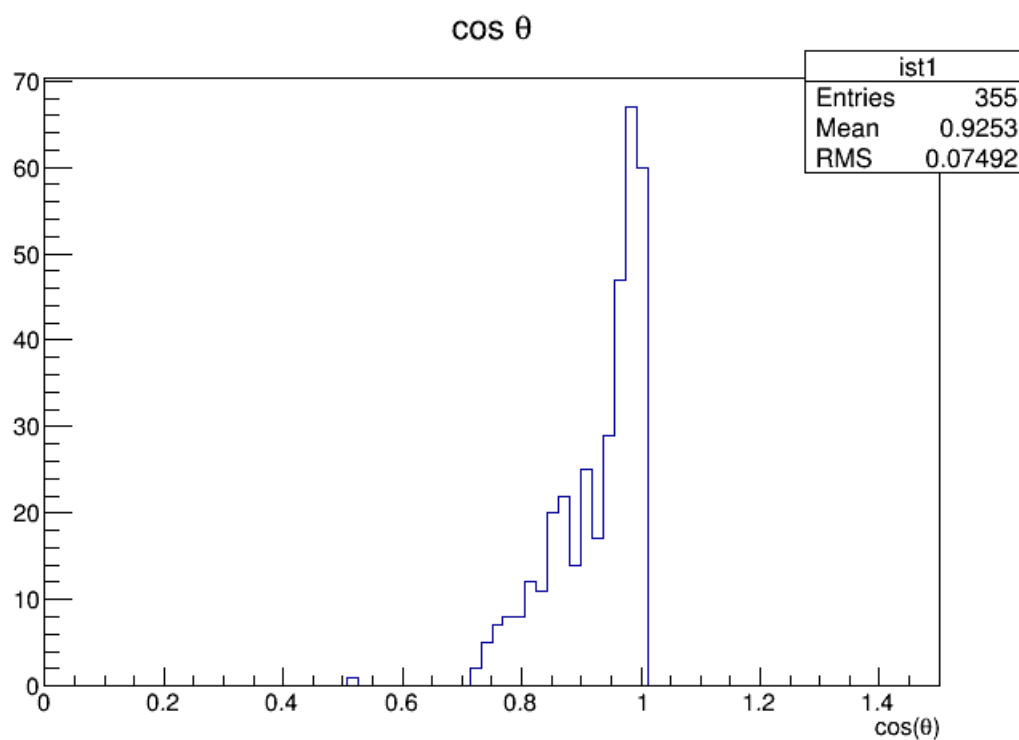


Figura 2.20

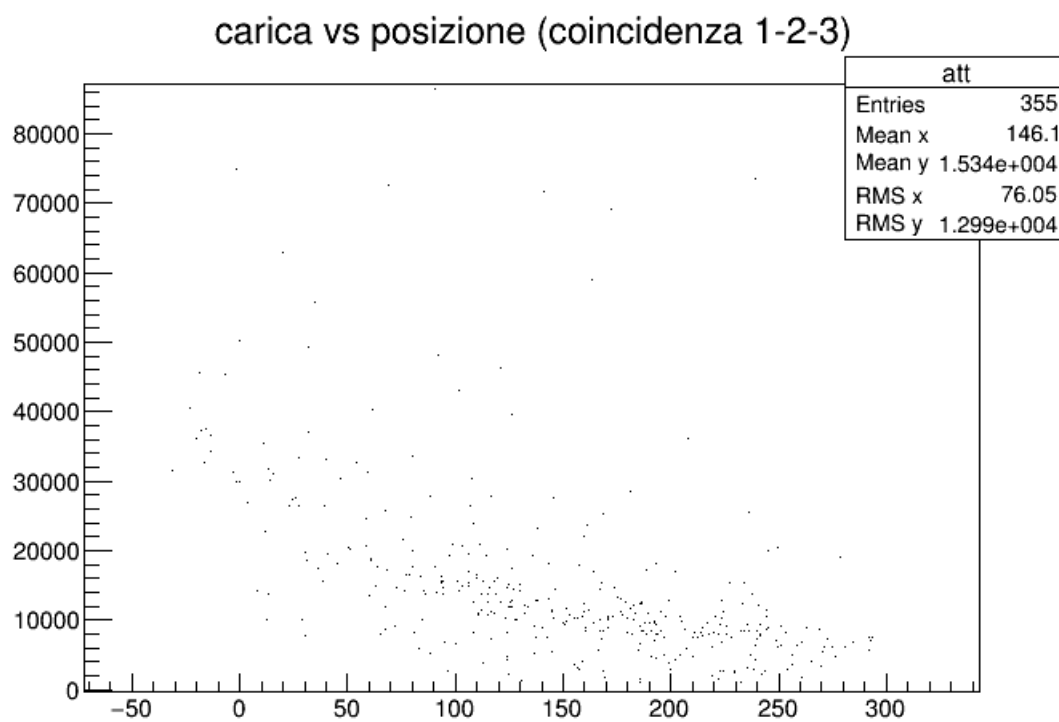


Figura 2.21

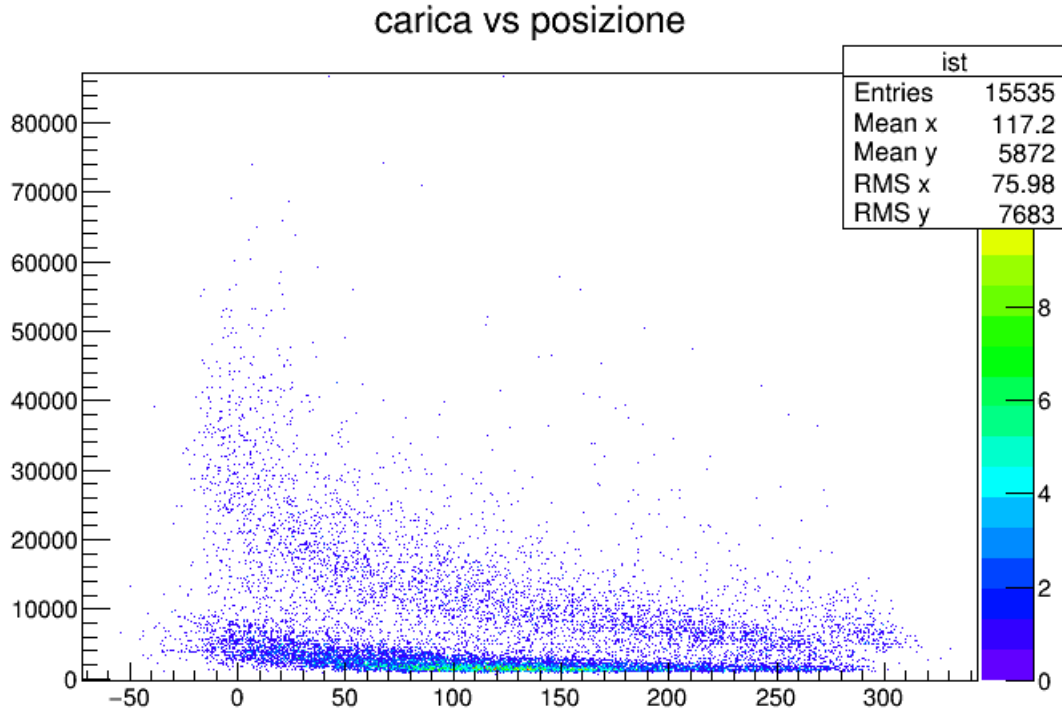


Figura 2.22

## 2.10 Recupero #3, venerdì 11 dicembre

### 2.10.1 Mattina, Analisi dati

modifiche al programma di salvataggio dati per identificare le vere triple nei record dati.

Per trovare un limite che determini la presenza di un effettivo segnale abbiamo cercato i minimi di vari segnali di prese dati del 9-12 e cercato quante sigma dell'errore sul rumore entrassero dentro questi minimi abbiamo visto che per i vari PMT al minimo nel PMT1 si hanno 50 sigma di differenza, PMT2 20 sigma differenza e PMT3 45 sigma, mentre i minimi/soglie sono di 260(PMT1), 210(PMT2), 280(PMT3)

## 2.11 Conseiderazioni 15 Dicembre

Per cercare una soglia migliore in analisi dati si fa l'istogramma per ogni PMT del rapporto segnale rumore ed eliminiamo i rapporti più bassi inserendo un Threshold nel findpeaks basato sull'osservazione di questi istogrammi.

Threshold PMT4: 30 volte la sigma.

Proviamo ad aggiungere un dato, un punto a destra del minimo(picco) nel conto dell'integrale per il timestamp

Sto analizzando i dati ricevuti venerdì 11 dicembre quelli di quando abbiamo inserito le lastre di piombo tra i PMT 3-4 a parte qualche tripla non trovata ci sono notevoli eventi non trovati uno d seguito a quell'altro non li ho ancora visualizzati

## 2.12 18/12 considerazioni

### 2.12.1 errori su ricostruzione Dt

L'errore che commettiamo nel ricostruire i Dt dei segnali e come questo si propaga nella distribuzione di v può essere stimato così. Si considera le distribuzioni dei Dt tra i PMT utilizzate nel calcolo dei ritardi (PMT3 al centro della barra in alto): sono delle gaussiane con  $std \simeq 2.5 [ns]$  questo è l'errore che commettiamo nel ricostruire un Dt che comprende gli errori nella ricostruzione dei segnali. Se si considera solo l'errore sul tempo di volo TOF (i valori di TOF per una particella che ha  $v \simeq 30 [cm/ns]$  sono circa 6-8 ns) ne deriva un errore relativo sulla velocità pari a  $v \simeq 30 - 40\%$ . Se ci aspettiamo un picco gaussiano su  $v=30 cm/ns$  la sua deviazione standard sarà circa 9 ns e questo spiega la larghezza della distribuzione.

### 2.12.2 calcolo di v

la particella passa a  $t = t_0$  dalla barra.  $\tau$  è il tempo che ci vuole al segnale ad arrivare all'ADC per l'acquisizione.

$$t_1 = t_0 + x/v_l + \tau_1 \quad (2.2)$$

$$t_2 = t_0 - x/v_l + \tau_2 \quad (2.3)$$

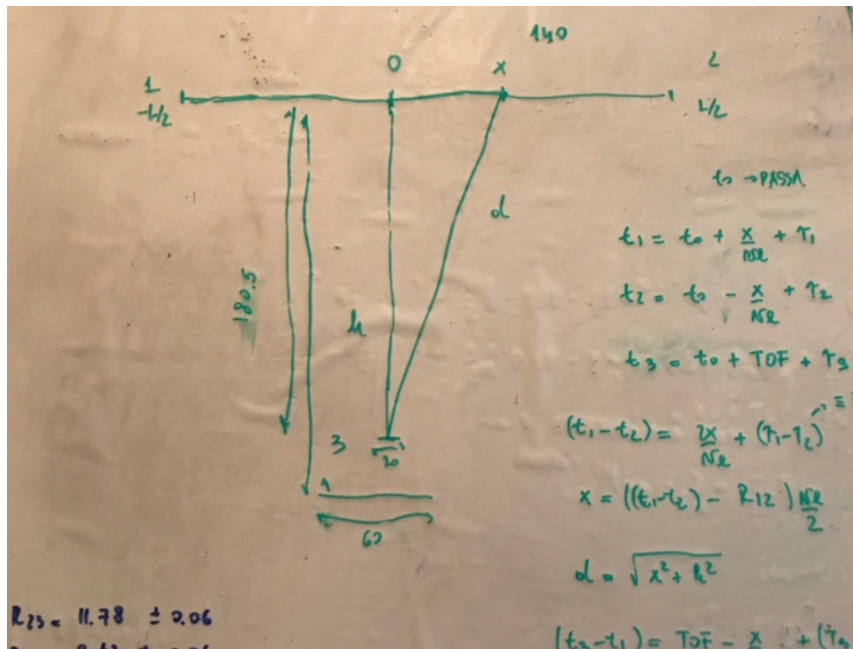


Figura 2.23

$$t_3 = t_0 + TOF + \tau_3 \quad (2.4)$$

$$t_1 - t_2 = 2x/v_l + \tau_1 - \tau_2 \quad || \tau_1 - \tau_2 \equiv R_{12} \Rightarrow x = ((t_1 - t_2) - R_{12})v_l/2 \quad (2.5)$$

$$h = 176.5 \text{ cm}$$

$$x = ((t_1 - t_2) - R_{12})v_l/2$$

$$d = \sqrt{x^2 + h^2}$$

$$t_3 - t_1 = TOF_1 - x/v_l + R_{31} \Rightarrow TOF_1 = (t_3 - t_1) + x/v_l + R_{13} \quad (2.6)$$

$$t_3 - t_2 = TOF_2 + x/v_l + R_{32} \Rightarrow TOF_2 = (t_3 - t_2) - x/v_l + R_{23} \quad (2.7)$$

$$v_1 = d/TOF_1 \quad || \quad v_2 = d/TOF_2 \quad || \quad v = (v_1 + v_2)/2 \quad (2.8)$$

## 2.13 venerdì 18 dicembre

mediare i TOF calcolati rispetto 1 e 2 così sparisce x

###

da ora nella ricostruzione del segnale facciamo l'integrale del segnale completo (a sinistra e destra)

Provando a cercare il solito rapporto segnale rumore per cercare una soglia dei minimi per la ricerca delle triple o delle quadruple ho notato alcuni problemi nel conto di questo rapporto il problema era dentro la funzione gestione offset.

Il problema è nato dal fatto che venivano istogrammati troppi pochi dati circa 10k al posto di 77k in un paio di wave[x].txt.

Ogni tanto i segnali erano troppo bassi e non ricevevamo alcun dato con cui fare la dev-std, quindi ho cambiato le soglie:

Ho inserito una soglia inferiore di 14650 (più bassa della precedente)<sup>6</sup>

Inoltre ho inserito una soglia superiore di 14775 in quanto alcune volte i ringing troppo elevati alzavano notevolmente la devstd del segnale e non trovava i segnali reali<sup>7</sup>

Con questi due accorgimenti vado a riprovare le misure sui rapporti segnali rumore e verificando eventuali nuove soglie N\*Sigma.

Probabilmente potrebbe essere uno dei motivi per il quale a volte vegono tagliati troppi risultati.

Dati di 2020-12-19

Riprovo il calcolo dei time stamp e charge con le nuove soglie e l'integrale su tutto il segnale I(nt)C(om)N(ew)S(oglie)

Visioando gli istogrammi sopracitati deciderei di tagliare meno eventi possibile tenendo, casualmente<sup>8</sup>, tutte le soglie a 15 Sigma

## 2.14 schema apparato sperimentale

<sup>6</sup>Per vedere questo errore prova a plottare l'evento 7414 della presa dati piombo2 del 20201215

<sup>7</sup>Ho notato questo problema per caso visionando l'evento 7413 della presa dati piombo2 del 20201215

<sup>8</sup>è un caso che abbia scelto 15 sigma per tutti i PMT

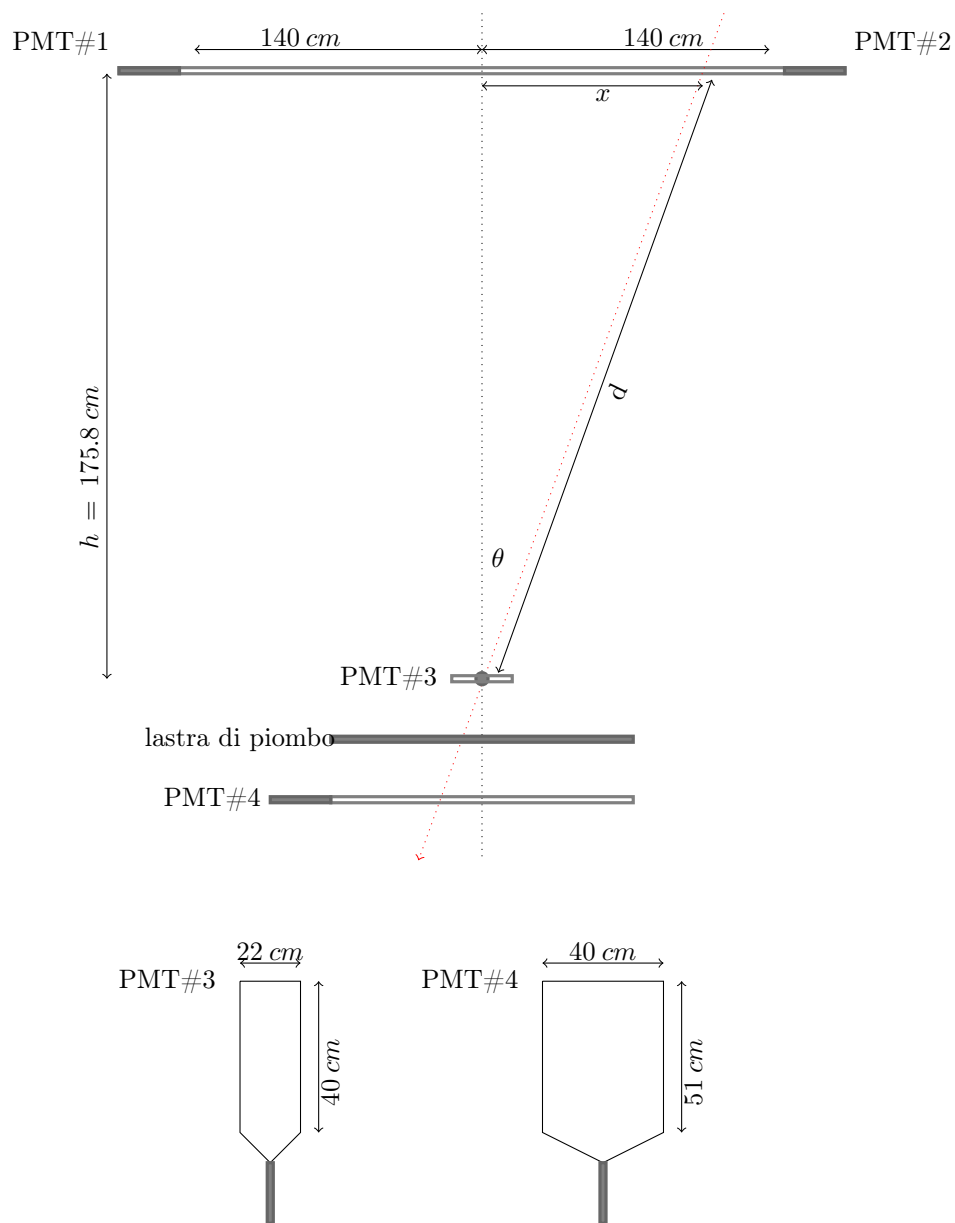


Figura 2.24: Schema apparato sperimentale





# Appendice A

## Appendici

### A.1 Scelta livello discriminatore errata

Come nella scorsa esperienza ho considerato anche un tempo segnato nel datasheet dei fototubi di circa 31 ns corrispondente al tempo medio che impiega l'elettrone primario a passare dal fotocatodo all'anodo.

Questo tempo caratteristico però a detta del prof è un po' fasullo perché non è esatto ma potrebbe variare. Infatti il tempo che impiega un elettrone che parte da velocità 0 e arriva a velocità 'x' all'interno del fototubo deve dipendere necessariamente dall'alimentazione di quest'ultimo in quanto questa ddp è l'unica in grado di accelerare una particella carica in una determinata direzione.

Perciò il fototubo è da considerare come un cavo lemo da 30 ns e quindi è un semplice offset trascurabile in analisi.

Inserire qualche conto abbastanza semplice per vedere se la scelta di questo livello apparentemente alta su suggerimento di Paoloni può influenzare negativamente sui dati raccolti, in particolare le coincidenze<sup>1</sup>

### A.2 Plateau nelle coincidenze doppie e triple

Questa appendice sarà un argomento di discussione nel ricevimento con il Prof Paoloni il 18/11.

La ricerca del plateau è stata pensata seguendo l'esperienza preliminare individuale dove però avevamo 3 scintillatore diversi da mettere in coincidenza.

Stavolta la cosa è differente:

nella scorsa esperienza uno scintillatore da aggiungere al proprio sistema di presa dati era separato dai primi due perciò dovevamo cercare un punto adeguato di lavoro per il singolo PMT in funzione degli altri due.

In questa esperienza Time of flight invece due dei PMT sono attaccati alla stessa barra scintillante.

La mia domanda (Andrea Foresi) è:

É lecito parlare di coincidenza tripla in questa parte dell'esperienza?

Il mio dubbio è basato sul fatto che idealmente se non ci fosse perdita di energia e le traiettoria interne alla barra scintillante se un raggio cosmico attraversa lo scintillatore allora per forza avremo che i due PMT rivelino qualcosa. Ma un eventuale differenza tra i due conteggi dei PMT può essere data dalla non idealità dello scintillatore e da altri agenti esterni. Perciò questo lavoro potrebbe confondersi con il punto 6 dell'esperienza<sup>2</sup>.

Tommi ha giustamente detto di voler alzare al massimo questo rapporto di coincidenze perché voglio massimizzare la bontà della presa dati.

Anche aumentando l'alimentazione del primo la probabilità di avere coincidenze casuali rimane molto molto bassa perciò anche se il rumore possa essere singolarmente considerato come conteggi in singola potrebbero rimanere comunque sufficientemente bassi da non creare coincidenze casuali.

Tutti questi dubbi partono secondo me dalla non conoscenza chiara del fenomeno o dell'apparato che stiamo utilizzando.

### A.3 Errori

prendiamo sempre 3 o 5 misure sommandole insieme per far finta di avere un record da 30 secondi per l'errore  $\sqrt{n}$  dove n è il numero di conteggi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>a lezione abbiamo parlato di queste eventuali coincidenze casuali 21/10(inizio lezione) e 18/11(fine lezione)

<sup>2</sup>i punti dell'esperienza dovrebbero essere al momento solo su cartaceo

<sup>3</sup>abbiamo parlato di errori di poissoniana ma meglio di binomiale a lezione 18/11 e il 21/10