

Aspettando EEE: Progetto di rivelatore muonico a stato solido

**Liceo Scientifico Statale “Benedetto Croce”
Palermo**

Progetto EEE Biennio 2014/2015-2015/2016

Riccardo La Mantia & Erik Fabrizzi



Giornate di studio EEE, Bari 13-14 ottobre 2016

Sommario

1. Il progetto EEE nella nostra scuola
2. Il rivelatore a stato solido
3. Progetti Futuri
4. Conclusione

Il progetto EEE nella nostra scuola

Il liceo scientifico statale “Benedetto Croce” di Palermo è impegnato in una serie di attività che riguardano lo studio della fisica, in particolare dal 2014 partecipiamo alle attività collegate al progetto EEE, per la rivelazione di muoni atmosferici



- Seminari:
 - Teorie degli errori
 - Misure e Rivelatori
 - Il modello Standard
 - Materia e Antimateria
- Giornate della fisica, promosse dal Politecnico di Torino
- Visita ai laboratori del CERN, LEIR e AD (Antimatter Decelerator)
- Conferenze telematiche

Il nostro liceo non è ancora formalmente un membro del progetto EEE, ma ha partecipato indirettamente ad esso.

Il Percorso₍₂₀₁₅₋₂₀₁₆₎



Seminari di Preparazione

Visita al CERN di Ginevra



**Seminari di potenziamento:
Matematica & fisica**

Camera Nebbia

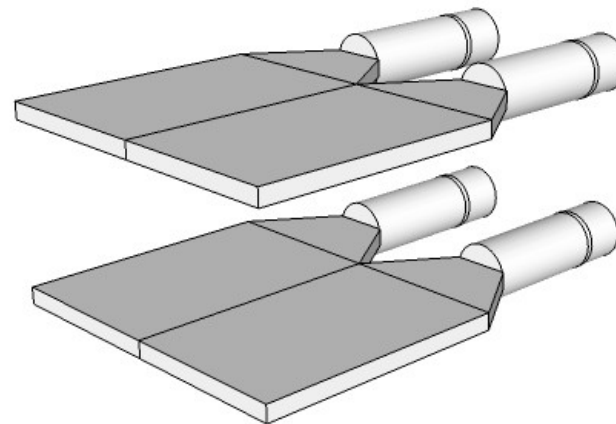
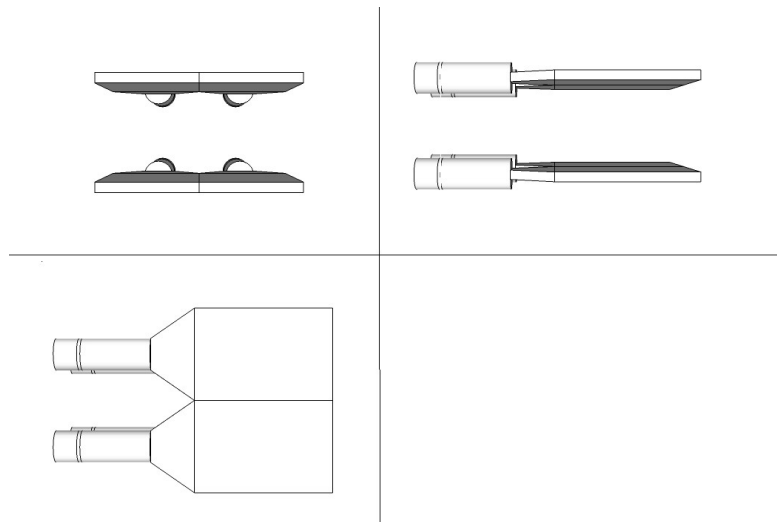
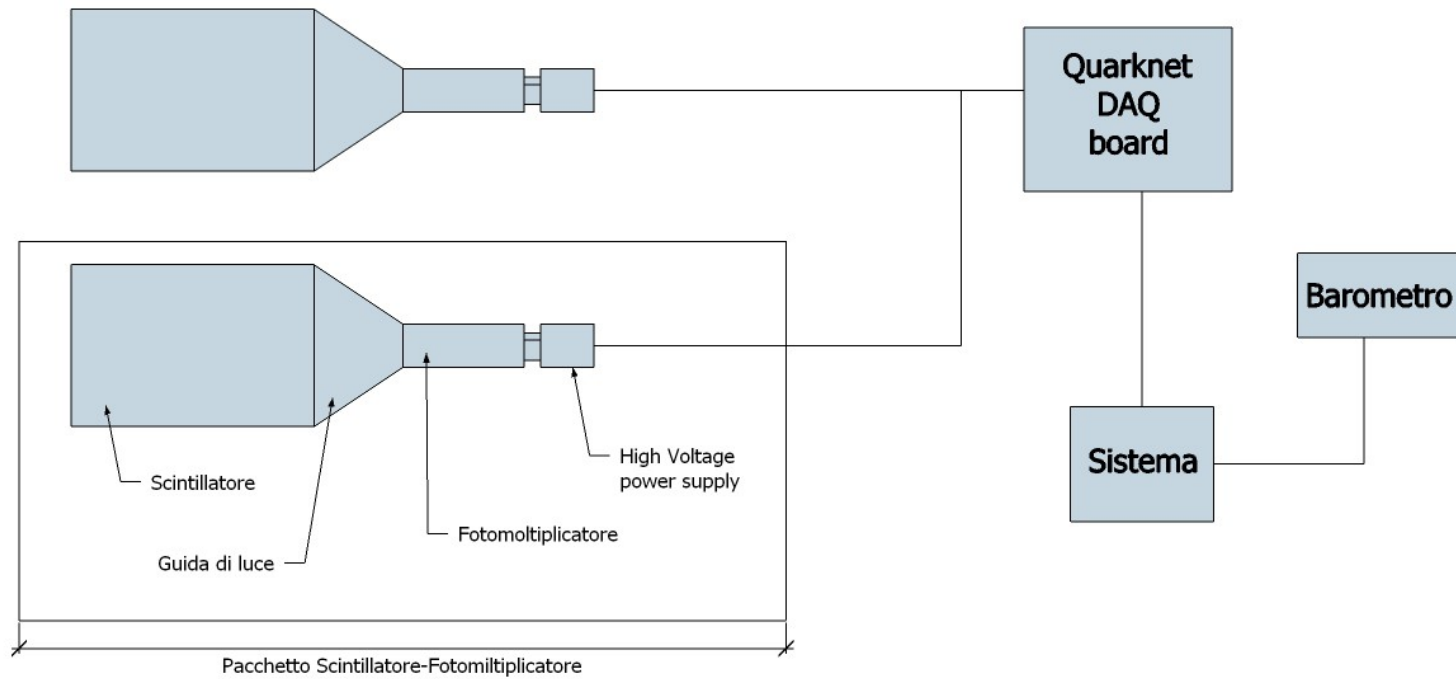
La nostra scuola, nonostante la ridotta strumentazione, ha comunque svolto un'attività di tipo pratico-sperimentale

2. Il rivelatore a stato solido

Obiettivi principali:

- Contare il flusso di muoni
- Studiare la variazione di muoni in base alle condizioni climatiche
- Studiare la variazione di muoni in base ai livelli di CO₂ nell'aria

Setup Sperimentale

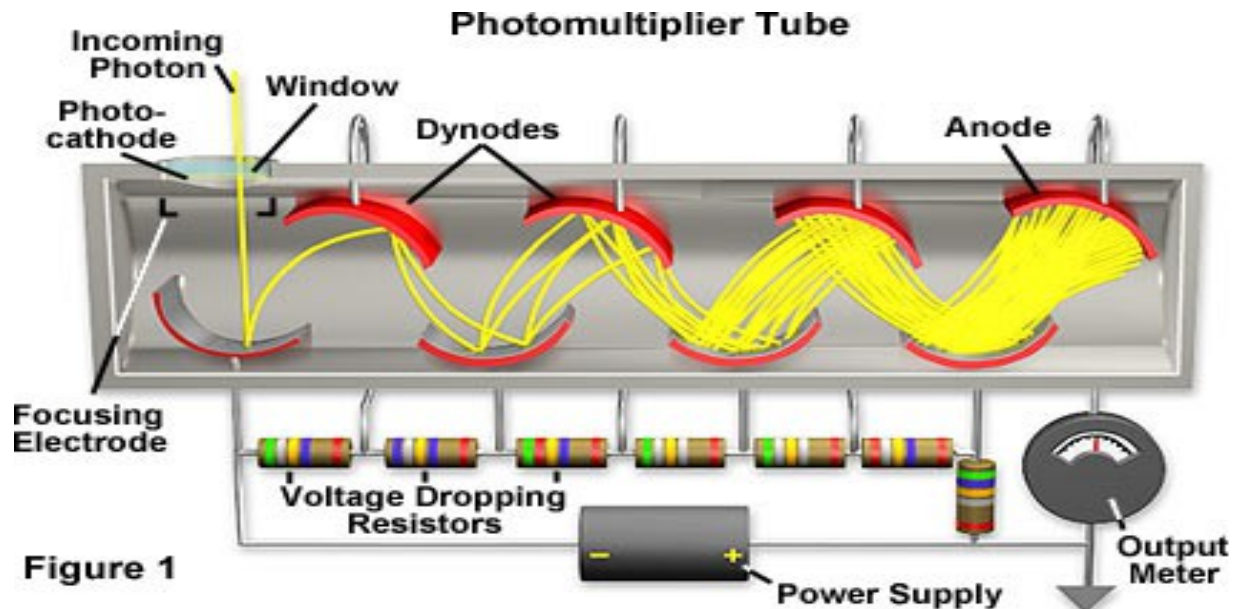


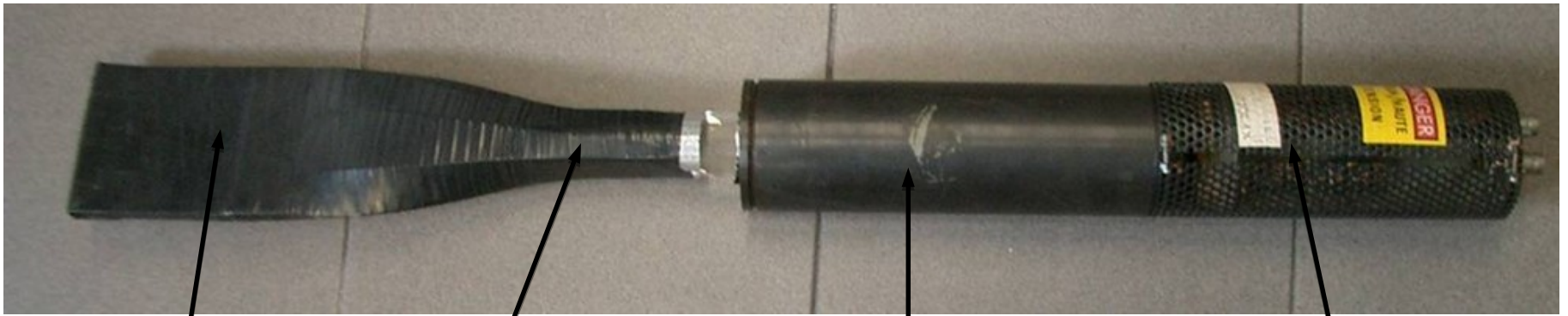
Scintillatore

Uno scintillatore è un materiale che emette fotoni, quando è attraversato da una particella carica. Tale impulso di luce viene poi amplificato e rivelato dai fotomoltiplicatori

Fotomoltiplicatore

Un tubo fotomoltiplicatore è un dispositivo in grado di convertire piccole quantità di fotoni in un impulso di corrente elettrica.





Guida di luce

PMT

High Voltage
Supplier

Scintillatore

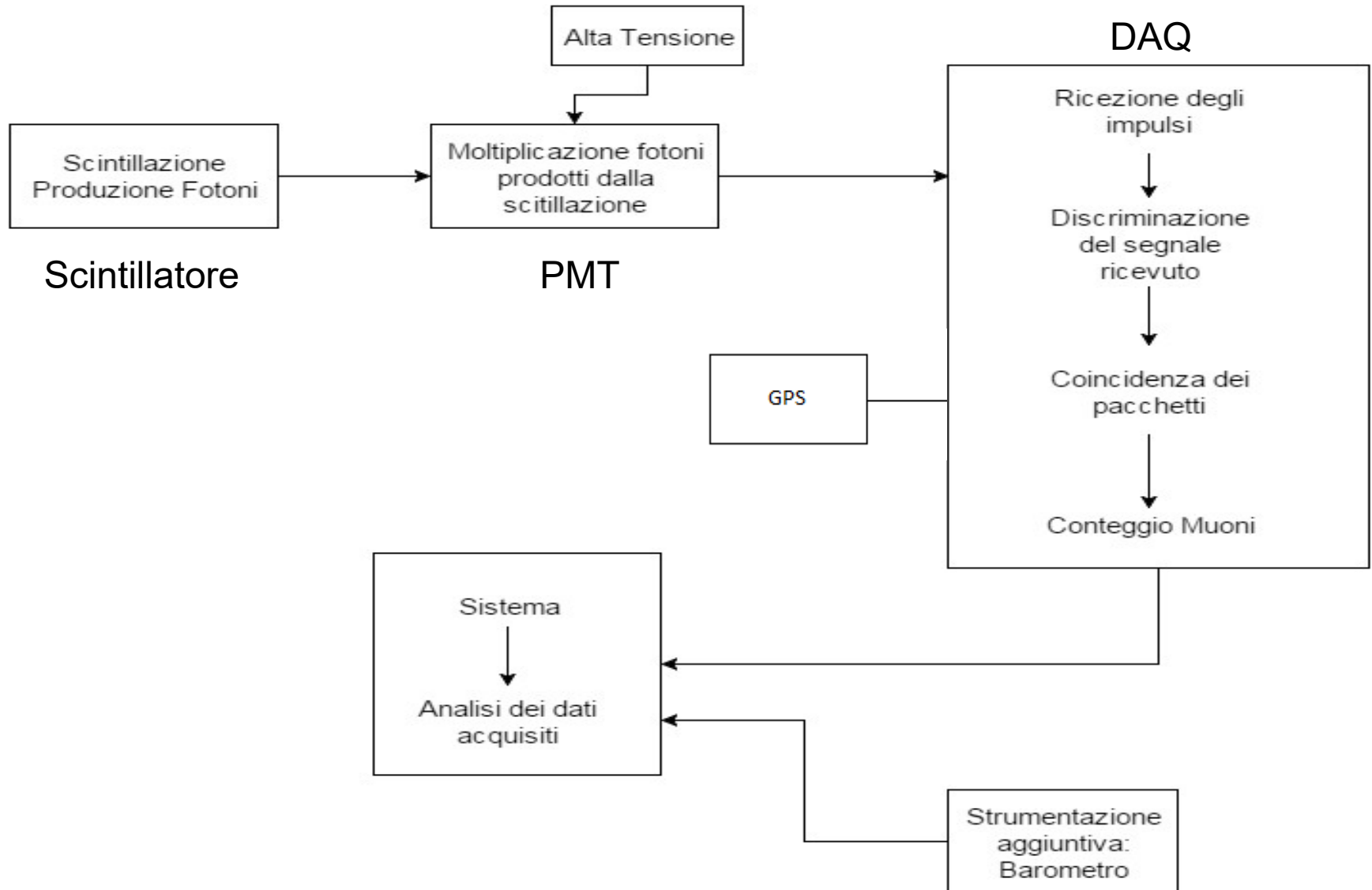
Hamamatsu,
R580
Head Mount

Saint Gobain
Crystals, BC-408

300 x 150 x 10 mm

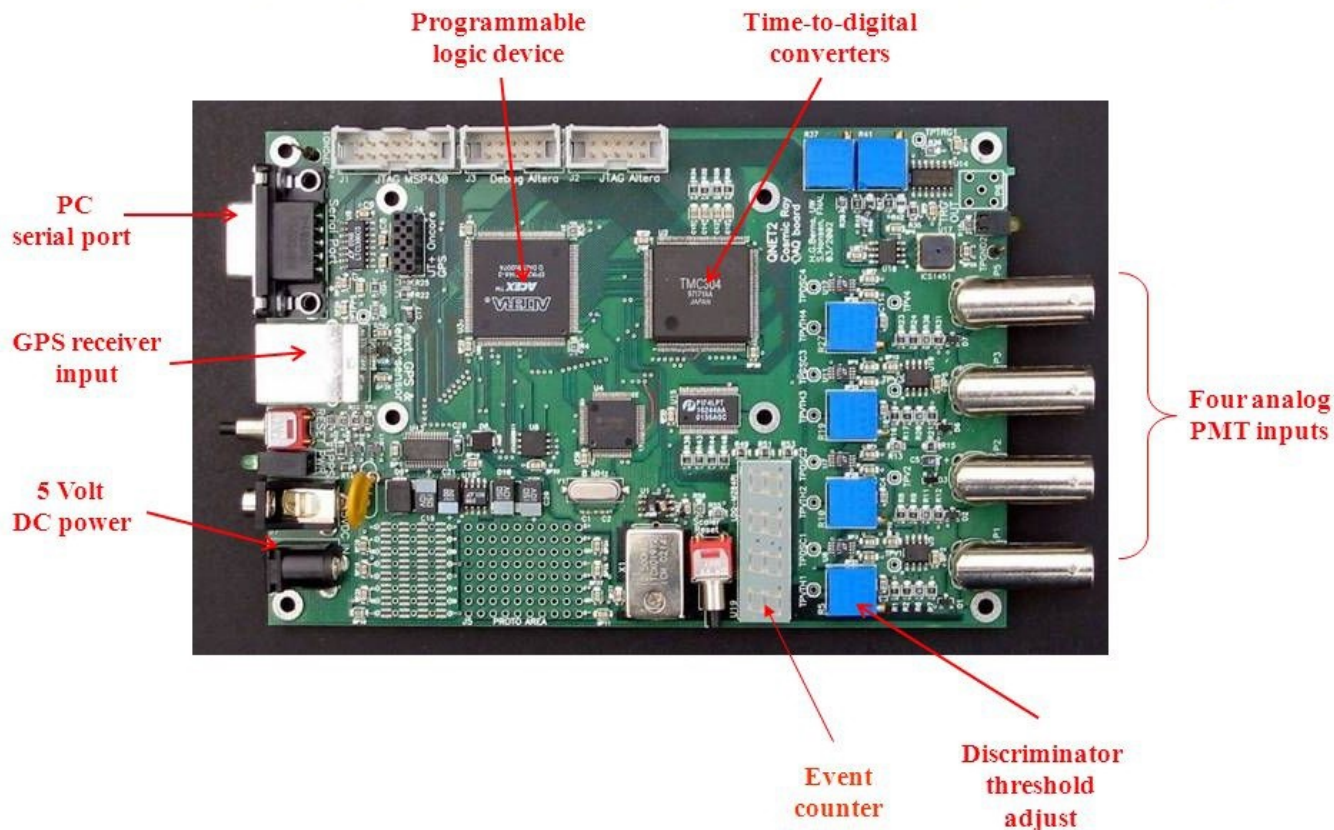
Plastic Scintillator

Come funziona il rivelatore?



DAQ Quarknet

La DAQ, è una scheda di acquisizione dati che si occupa del conteggio dei muoni, dopo aver però ripulito il segnale da eventuali rumori. La scheda prevede poi il passaggio dei dati ad un PC per l'analisi. Il conteggio avviene principalmente attraverso la coincidenza di segnale dei due PMTs.



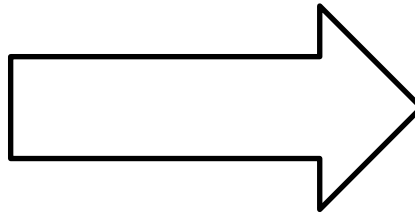
Comparazione qualitativa

Qualità	Il nostro rivelatore	MRPC
• Risoluzione Temporale	0.9 ns	10 ps
• Area di rivelazione	900 cm ²	13120 cm ²
• Piano di rivelazione	2	3

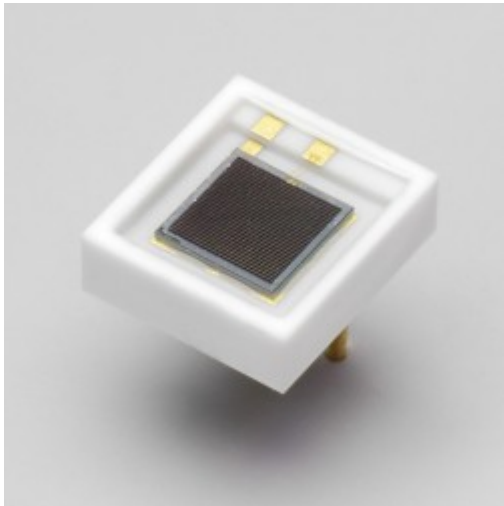
...e se EEE non arriva...

Progetti Futuri

PMT



SIPM



Vantaggi

- Tensione molto bassa di lavoro
- Efficienza quantica: 20% – 30%
- Indipendenti dal Campo Magnetico
- Guadagni elevati, fino a 10^6
- Basso Costo

Ringraziamenti

Si ringrazia:

- Ufficio scolastico provinciale di Palermo per averci fornito i fondi per svolgere questo progetto nella nostra scuola;
- La preside della nostra scuola, Simonetta Calafiore, che ci ha permesso di condurre queste iniziative;
- INFN di Bari per averci invitato alle Giornate di fisica del progetto EEE;
- Il professore Francesco Riggi, referente del progetto EEE per la Sicilia.

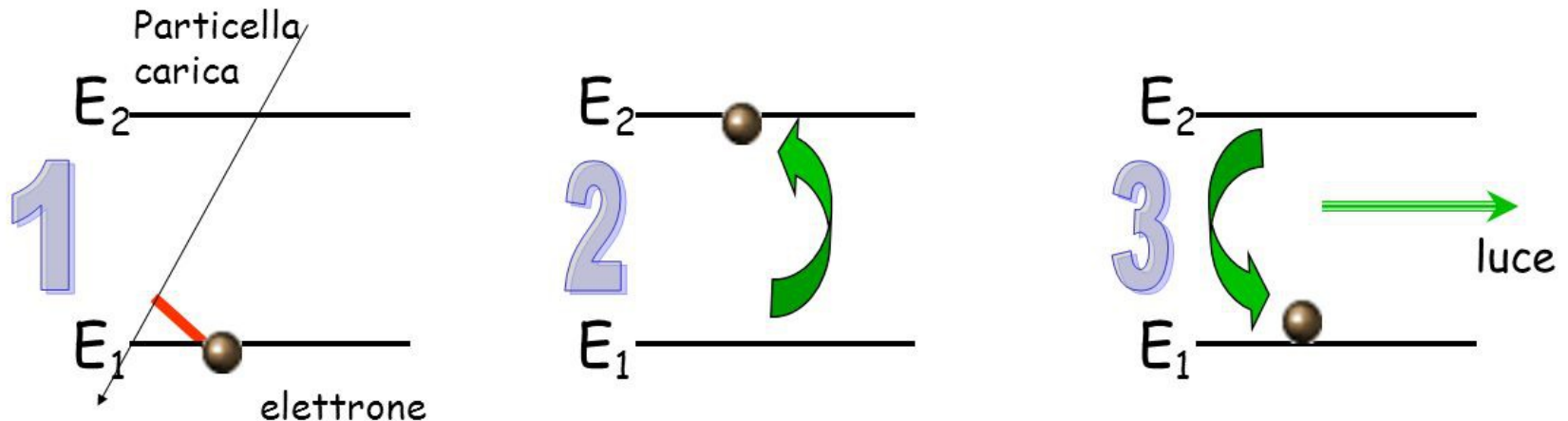
Un ringraziamento particolare va alla professoressa Maria Grazia Meli, che ha dato inizio nel 2014 a questo progetto nella nostra scuola.

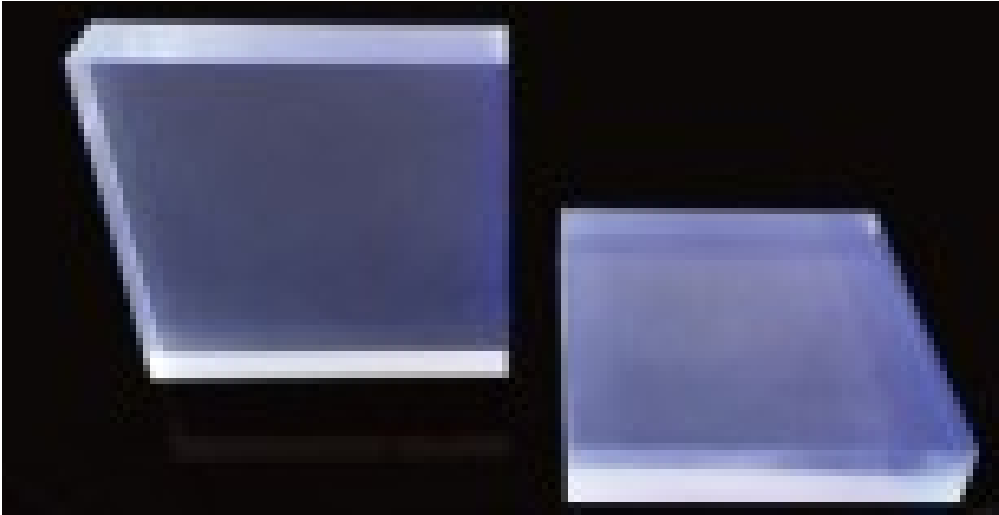
Fine

Strumenti utilizzati: Scintillatore

Uno scintillatore è un materiale che emette fotoni, quando è attraversato da una particella carica. Tale impulso di luce viene poi amplificato e rivelato dai fotomoltiplicatori

1. Al proprio passaggio, la particella carica cede energia agli elettroni delle molecole dello scintillatore
2. Gli elettroni degli atomi di uno scintillatore sono eccitati (si spostano ad un livello superiore di energia) dalla particella carica
3. Dopo qualche nanosecondo, gli elettroni decadono al livello che occupavano prima, emettendo fotoni. (La quantità di fotoni emessi dipende dall'energia rilasciata)





Strumenti utilizzati: Fotomoltiplicatore

Un tubo fotomoltiplicatore è un dispositivo in grado di convertire piccole quantità di fotoni in un impulso di corrente elettrica. Il PMT è strutturato in modo da far aumentare (moltiplicare) il numero degli elettroni, fino a quando essi non producono un segnale elettrico abbastanza grande da poter essere utilizzato/rilevato dalle apparecchiature elettroniche.

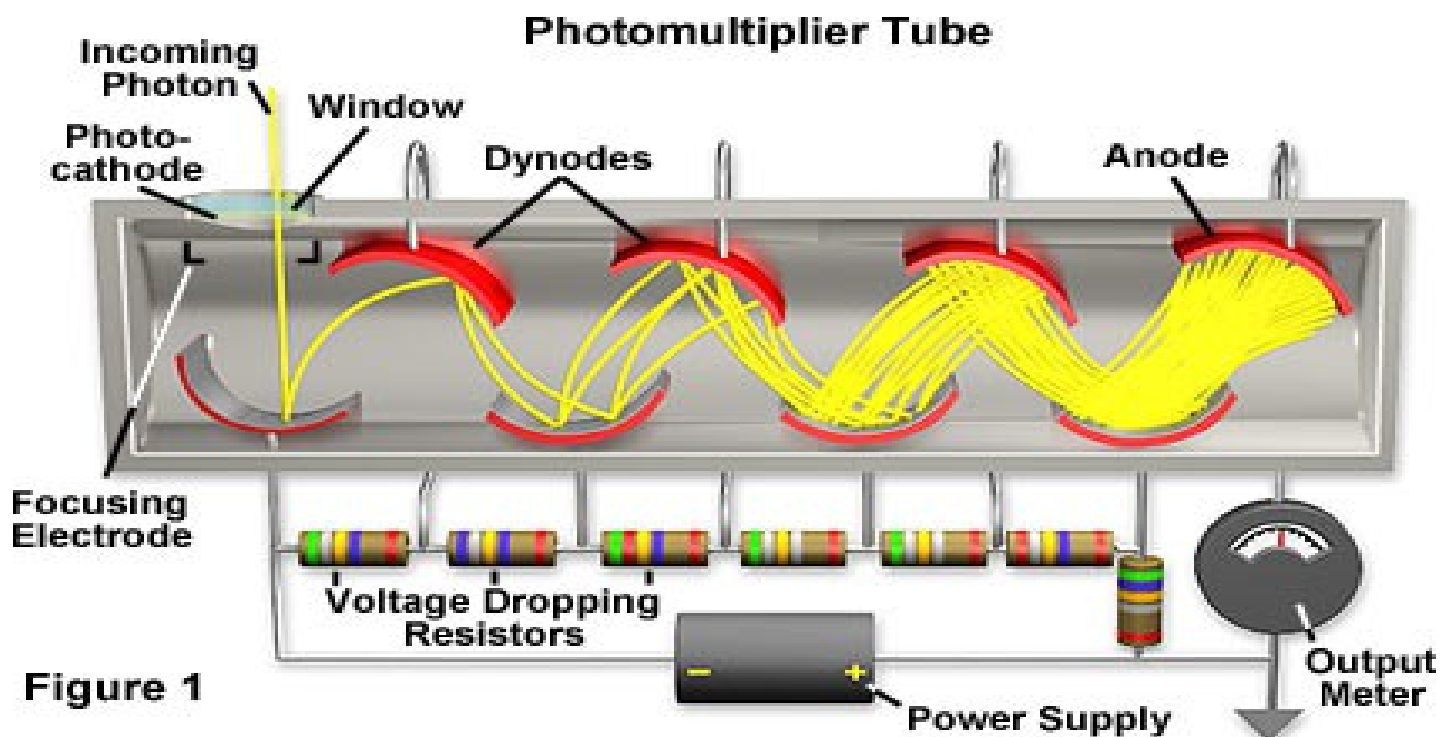
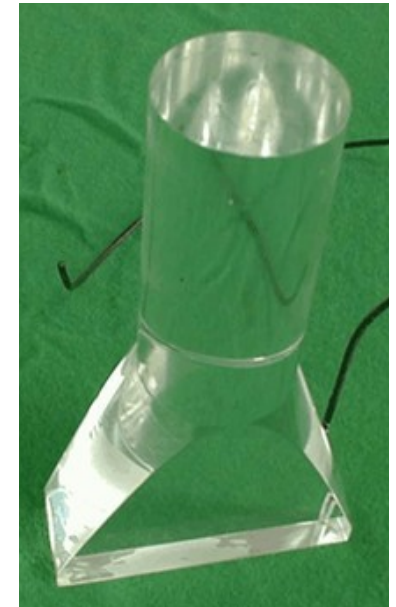
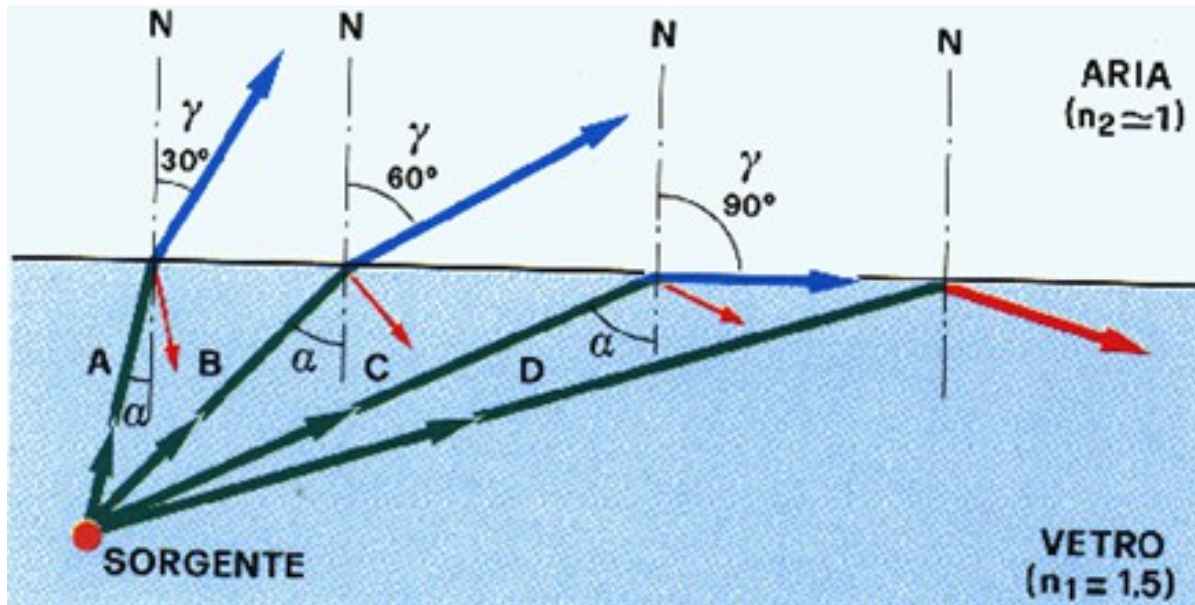


Figure 1

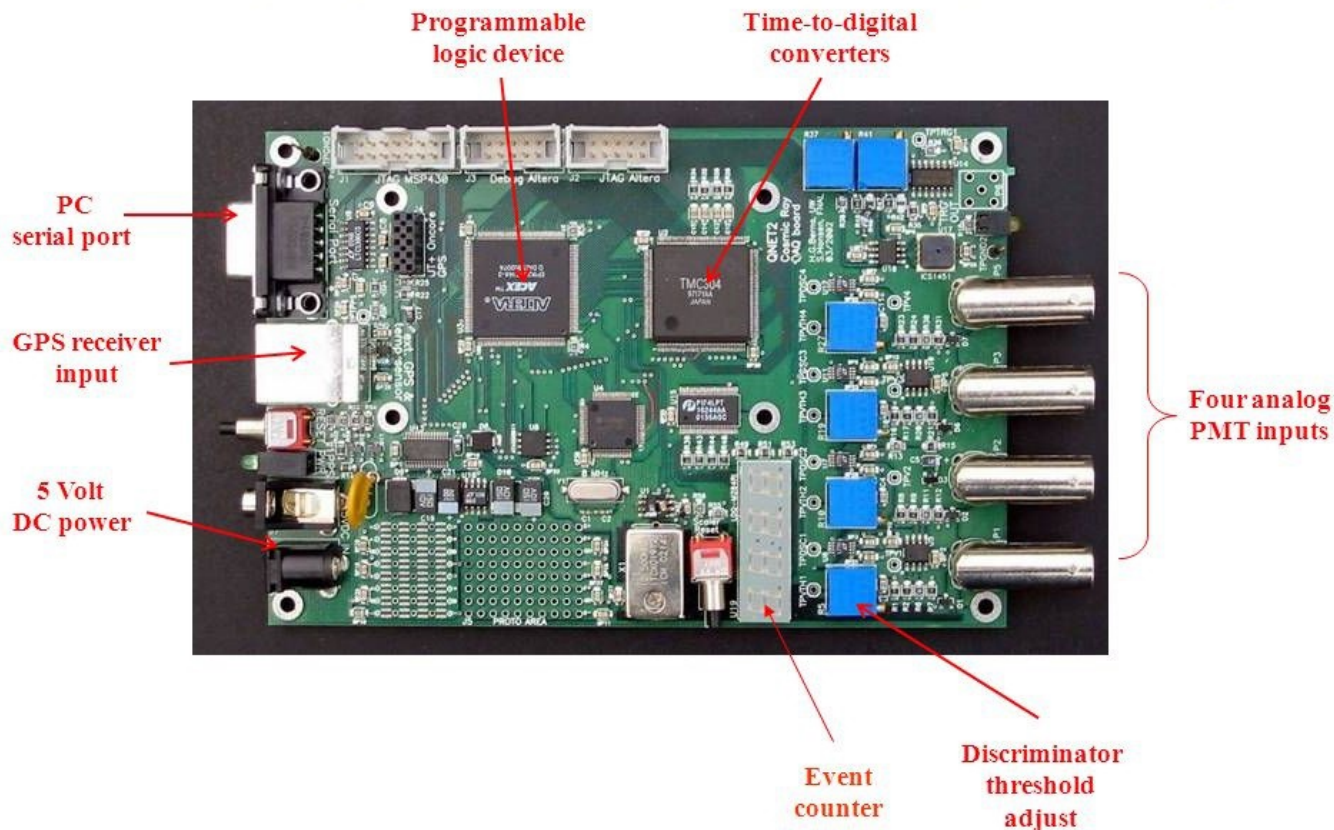
Strumenti utilizzati: Guida di luce

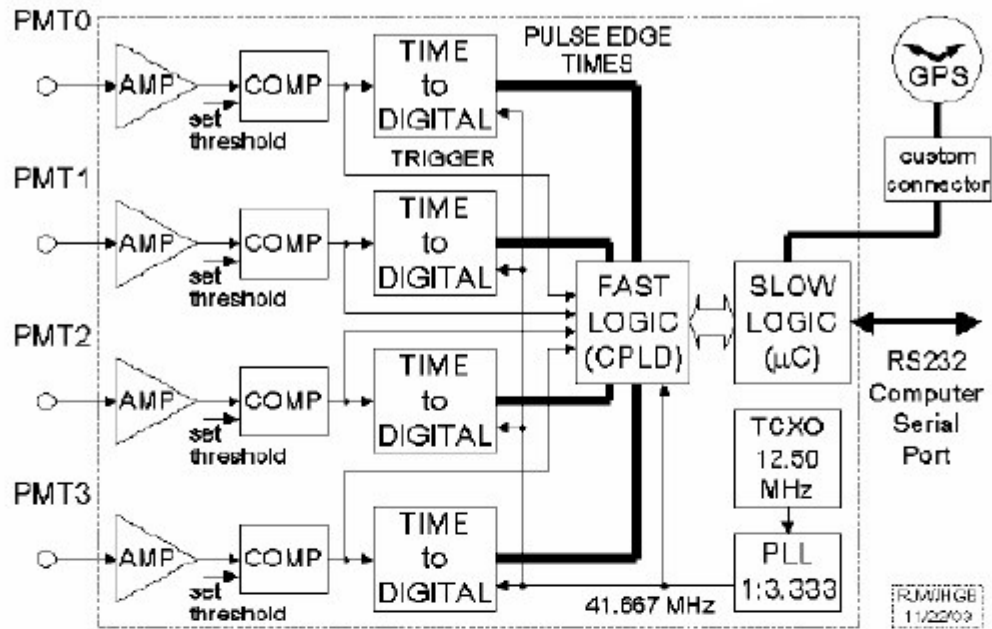
La guida di luce permette di raccordare lo scintillatore con il fotomoltiplicatore. Esse generalmente sono fatte in plexiglas, ed hanno una geometria tale da ottimizzare la riflessione interna



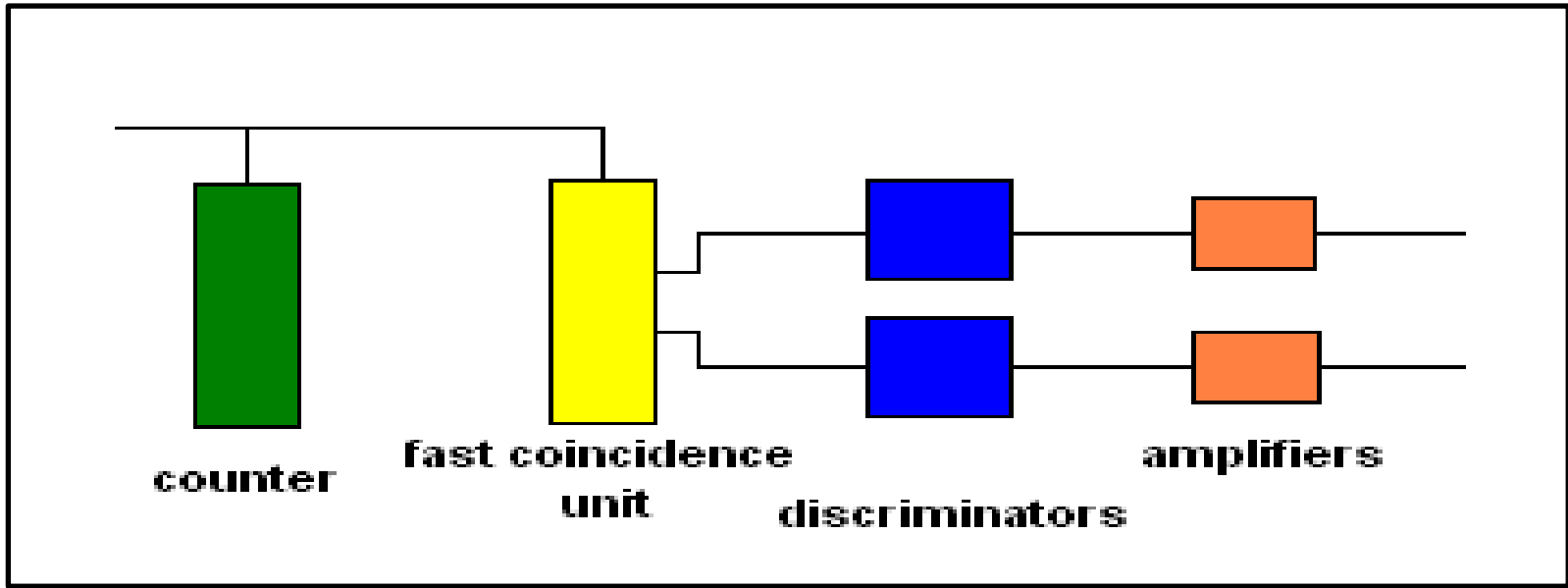
Strumenti utilizzati: DAQ Quarknet

La DAQ, è una scheda di acquisizione dati che si occupa del conteggio dei muoni, dopo aver però ripulito il segnale da eventuali rumori. La scheda prevede poi il passaggio dei dati ad un PC per l'analisi. Il conteggio avviene principalmente attraverso la coincidenza di segnale dei due PMTs.

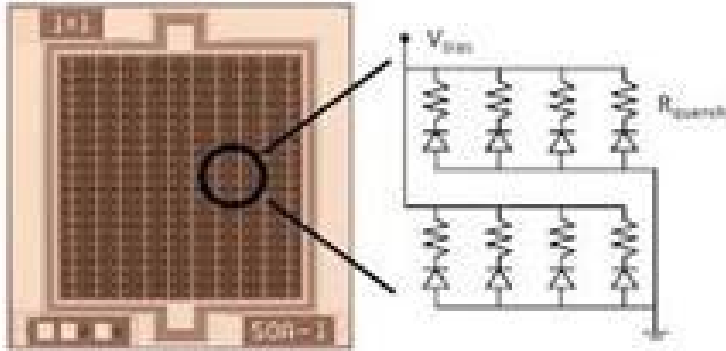




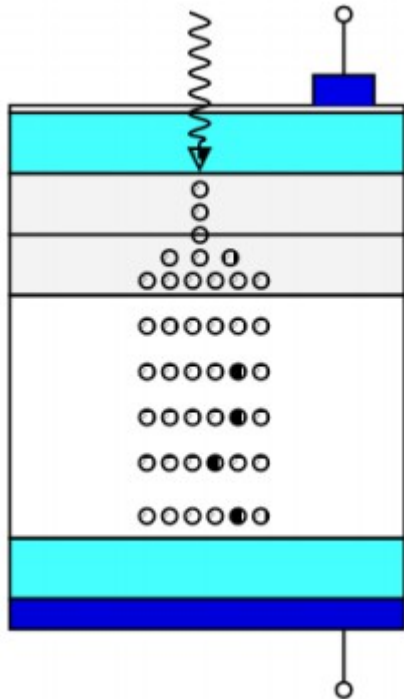
- Discriminatore
- Modulo per le coincidenze
- Moduli di delay
- Timing Units
- Scaler



I **SIPM** sono dispositivi di conteggio di fotoni costituiti da una matrice di SPAD (Single Photon Avalanche Photodiode) connessi in parallelo e utilizzati in modalità Geiger.



- Dimensioni di ogni cella: da decina a centinaia di micron
- Il segnale di uscita è formato dalla somma di tutti i segnali dovuti ai singoli pixel, i quali rispondono all'assorbimento di un fotone con identico segnale



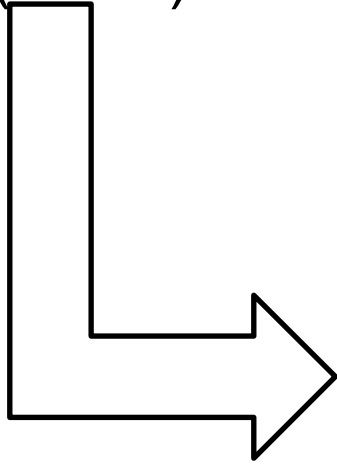
Svantaggi

- Elevato rumore
- Dark counts molto elevati
- Afterpulsing

Classificazione Scintillatori

Organici

- Pochi Fotoni
- Rapidità nella risposta
(0.1ns)



Inorganici

- Molti Fotoni
- Generalmente lenti
(500ns)

A gas

- Molto costoso
- Usati per alfa e nuclei pesanti

- Plastici
- Liquidi

BC-408 Scintillatore Plastico

General Technical Data –

Base	Polyvinyltoluene
Density [g/cc]	1.032
Expansion Coefficient (per°C, <67°C)	7.8X10 ⁻⁵
Refractive index	1.58
Softening Point	70°C
Vapor Pressure	May be used in vacuum
Solubility	Soluble in aromatic solvents, chlorinated solvents, acetone, etc. Unaffected by water, dilute acids, lower alcohols, alkalis and pure silicone fluids or grease.
Light Output	At +60°C = 95% of that at +20°C. Independent of temperature from -60°C to +20°C

	BC-400	BC-404	BC-408
Radiation Detected			
<100keV X-rays			X
100keV to 5MeV gamma rays			
>5MeV gamma rays	X		
Fast neutrons			
Alphas, betas		X	X
Charged particles, cosmic rays, muons, protons, etc.			X
Principal Uses/Applications	general purpose	fast counting	TOF large area
Scintillation Properties			
Light Output, %Anthracene	65	68	64
Rise Time, ns	0.9	0.7	0.9
Decay Time (ns)	2.4	1.8	2.1
Pulse Width, FWHM, ns	2.7	2.2	~2.5
Wavelength of Max. Emission, nm	423	408	425
Light Attenuation Length, cm*	160	140	210
Bulk Light Attenuation Length, cm	250	160	380

R580



GENERAL

Parameter		Description	Unit
Spectral Response		300 to 650	nm
Wavelength of Maximum Response		420	nm
Photocathode	Material	Bialkali	—
	Minimum Effective Area	φ34	mm
Window Material		Borosilicate glass	—
Dynode	Structure	Linear focused	—
	Number of Stages	10	—
Direct Interelectrode	Anode to Last Dynode	3	pF
Capacitances	Anode to All Other Electrodes	7	pF
Operating Ambient Temperature		-30 to +50	°C
Storage Temperature		-30 to +50	°C
Base		JEDEC No. B12-43	—
Suitable Socket		E678-12A (supplied)	—

MAXIMUM RATINGS (Absolute Maximum Values)

Parameter		Value	Unit
Supply Voltage	Between Anode and Cathode	1750	V
	Between Anode and Last Dynode	350	V
Average Anode Current		0.1	mA

CHARACTERISTICS (at 25 °C)

Parameter		Min.	Typ.	Max.	Unit
Cathode Sensitivity	Luminous (2856 K)	70	95	—	μA/lm
	Radiant at 420 nm	—	88	—	mA/W
	Blue Sensitivity Index (CS 5-58)	9	11	—	—
	Quantum Efficiency at 420 nm	—	27	—	%
Anode Sensitivity	Luminous (2856 K)	10	100	—	A/lm
Gain		—	1.1×10^6	—	—
Anode Dark Current (after 30 min storage in darkness)		—	3	20	nA
Time Response	Anode Pulse Rise Time	—	2.7	—	ns
	Electron Transit Time	—	37	—	ns
	Transit Time Spread (FWHM)	—	4.5	—	ns
Pulse Linearity (±2 % deviation) *		—	150	—	mA

Photomultiplier tube R580 Hamamatsu, <http://www.hamamatsu.com>

La nostra scuola, nonostante la ridotta strumentazione, ha comunque svolto un'attività di tipo pratico-sperimentale

- Camera a nebbia



- Rivelatore basato su scintillatori e fotomoltiplicato

