

laboratorio di fisica nucleare e subnucleare

misura della vita media dei muoni

cominciamo con

fatto

scintillatori

- tensioni di lavoro di S_1, S_2, S_3, S_4 e soglie
- tempi coincidenze e anticoincidenze
- conteggi (in 2'?)

S_1, S_2, S_3, S_4

$S_1 \cdot S_2, S_3 \cdot S_4$

$S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot S_4$

$S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4}, S_1 \cdot S_2 \cdot (\overline{S_3} \cdot \overline{S_4})$

$S_3 \cdot S_4 \cdot \overline{S_1 \cdot S_2}, S_3 \cdot S_4 \cdot (\overline{S_1} \cdot \overline{S_2})$

e confronto tra i diversi gruppi e con quanto atteso

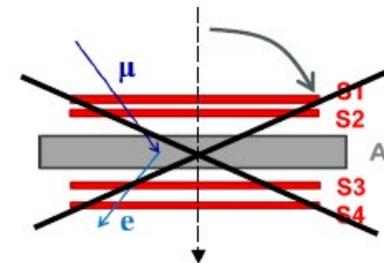
questa settimana

25/11/24

da fare

conteggi attesi

- geometria dell'apparato
dimensioni scintillatori e assorbitore
posizioni relative
- stime **approssimate** del flusso di muoni attraverso l'apparato
nell'assorbitore si fermano pochi muoni
→ muoni a livello del mare



... entro il 6/12

cominciamo con

fatto

scintillatori

- tensioni di lavoro di S_1, S_2, S_3 e soglie
- tempi coincidenze e anticoincidenze
- conteggi (in 2'?)

S_1, S_2, S_3, S_4

$S_1 \cdot S_2, S_3 \cdot S_4$

$S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot S_4$

$S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4}, S_1 \cdot S_2 \cdot (\overline{S_3} \cdot \overline{S_4})$

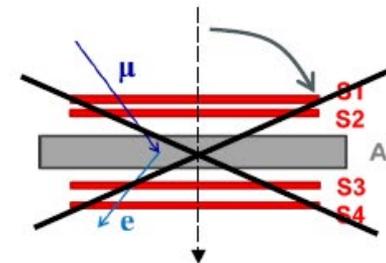
$S_3 \cdot S_4 \cdot \overline{S_1 \cdot S_2}, S_3 \cdot S_4 \cdot (\overline{S_1} \cdot \overline{S_2})$

e confronto tra i diversi gruppi e con quanto atteso

questa settimana

misurati/minuto								
	B2 min	Bnorm	A5	Anorm	D2	Dnorm	C4	Cnorm
S1S2	2361	1181	6001	1200	2408	1204	4578	1145
S3S4	2198	1099	5670	1134	2156	1078	4109	1027
S1S2S3S4	677	339	1703	341	715	358	1369	342
S1S2not(S3S4)	1591	796	4137	827	1665	833	3265	816
S3S4not(S1S2)	1477	739	3833	767	1496	748	3014	754
S1S2S3S4+S1S2not(S3S4)+S3S4not(S1S2)	2268		5840		2380		4634	
previsti								

... entro il 6/12



... entro il 6/12

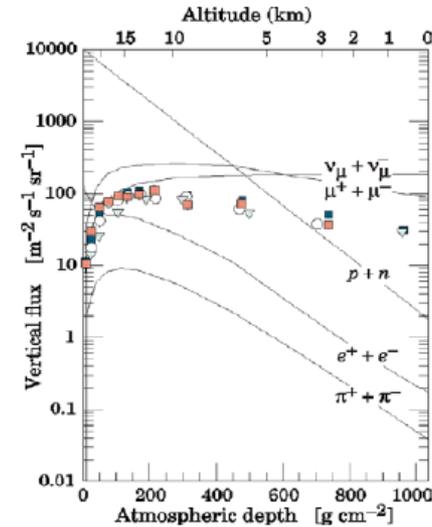
raggi cosmici

Cosmic Rays - sea level

MUONS

the **integral intensity of vertical muons**
 above 1 GeV/c at sea level is $I_V \sim 80 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$
 ($I \approx 1 \text{ cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ for horizontal detectors)

the overall **angular distribution of muons**
 $I \sim I_V \cos^2 \theta$



The integration over all solid angles in the range $0 < \theta < \pi/2$ and $0 < \phi < 2\pi$ then read

$$\int_{2\pi} j(\theta, \phi) \cos \theta \, d\Omega = 0.66 \cdot \int_{\theta=0}^{\pi/2} \int_{\phi=0}^{2\pi} \cos^3 \theta \sin \theta \, d\theta \, d\phi \quad (19)$$

$$= -0.66 \cdot \int_{\theta=0}^{\pi/2} \int_{\phi=0}^{2\pi} \cos^3 \theta \, d \cos \theta \, d\phi$$

$$= 1.04 \text{ cm}^{-2} \text{ min}^{-1} = 173.3 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}.$$

The additional $\cos \theta$ - Term from the fact that a cosmic particle which is at an angle θ runs in, sees the horizontal surface of the detector shortened by this same factor.

becomes increasingly steep
 (decay before reaching the surface)

ions reflect a convolution of
 loss in the atmosphere, and decay

... solo se resta tempo!

operazioni iniziali - stima degli eventi necessari

iniziato

vorremmo

- misurare della vita media dei μ^- con un errore $<5\%$, assumendo τ_0 noto
- **rigettare l'ipotesi che ci sia una sola componente,**
che la distribuzione dei tempi misurati sia un singolo esponenziale
quanti eventi servono?
 - generare N eventi con $f(t) = \frac{1}{\tau} e^{-t/\tau}$, $\tau = 2$ (μs)
 - generare N/2 eventi con $\tau = 1$
 - riempire un istogramma ad es (0,10) con 50 bin
 - assumendo $n_1(t) = c_1 e^{-t/\tau}$ stimare c_1, τ e calcolare il χ^2 *solo questa volta, con "ROOT"*
 - assumendo $n_2(t) = c_2 (e^{-t/\tau_1} + e^{-t/\tau_2})$ stimare c_2, τ_1, τ_2 e calcolare il χ^2

ripetere molte volte (500?) \rightarrow distribuzioni di χ^2
per diversi N, cominciando da N=3000

$$E[\chi_v^2] = v, \sigma_{\chi_v^2} = \sqrt{2v}$$

26, 28/11/24

ulteriore lavoro, se ...

1. preparazione della misura di intervalli di tempo fino a 12 e 25 μs

- acquisizione dati da scala e da due TDC
- scala: segnali da generatore di impulsi con frequenza massima per misura di intervalli di tempo fino a **25 μs**
- TDC: calibrazione rapida per verificare fondoscala
4 TDC $\sim 1 \mu s$? 4 TDC 12 μs ? 2 TDC 2 μs ?
- calibrazione (rapida) dei tre strumenti con confronto risposte

2. primo studio degli “afterpulse”

restano le prioritá' in laboratorio

conclusione

1. preparazione della misura di intervalli di tempo fino a 12 e 25 μs

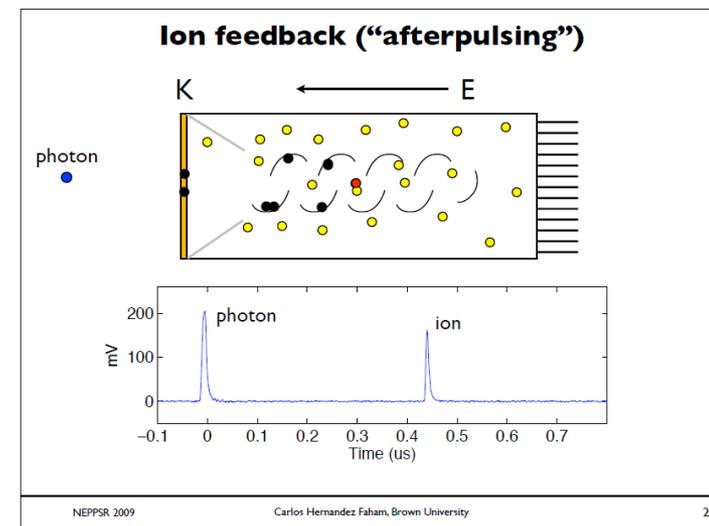
- acquisizione dati da scala e da due TDC
- scala: segnali da generatore di impulsi con frequenza massima per misura di intervalli di tempo fino a **25 μs**
- TDC: calibrazione rapida per verificare fondoscala
4 TDC $\sim 1 \mu s$ **3 TDC** 12 μs
3 gruppi: TDC 1 μs piu' TDC 12 μs piu' scala+G.I.
1 gruppo: TDC 1 μs piu' scala+G.I.
- calibrazione (rapida) e confronto risposte

ion feedback «afterpulsing»

- fenomeno noto
- dipende dal tipo di PM
- generalmente non crea problemi per misure in coincidenza (ns)

da “Photomultiplier Tubes”, Hamatsu

- afterpulse: possono essere presenti impulsi spuri (con piccola ampiezza ?) dopo un impulso dovuto al segnale che possono causare errori in certe applicazioni
- afterpulse con ritardi da alcune centinaia di ns a qualche μs sono dovuti agli ioni negativi prodotti da ionizzazione nel gas residuo dei PM. Questi ioni tornano al fotocatodo (ion feedback) dove producono molti fotoelettroni che formano l’afterpulse
- effetto che
 - puo’ diminuire nel tempo (?)
 - aumentare con l’HV



ion feedback «afterpulsing»

i nostri segnali:

$$\text{START: } S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4}$$

$$\text{STOP1: } S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4} \text{ o ... STOP2: } S_3 \cdot S_4 \cdot \overline{S_1 \cdot S_2} \text{ dopo da 0 a } 25 \mu s$$

segnali lunghi

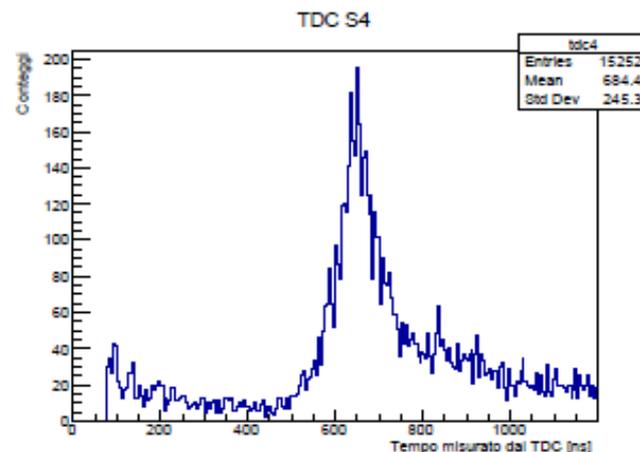
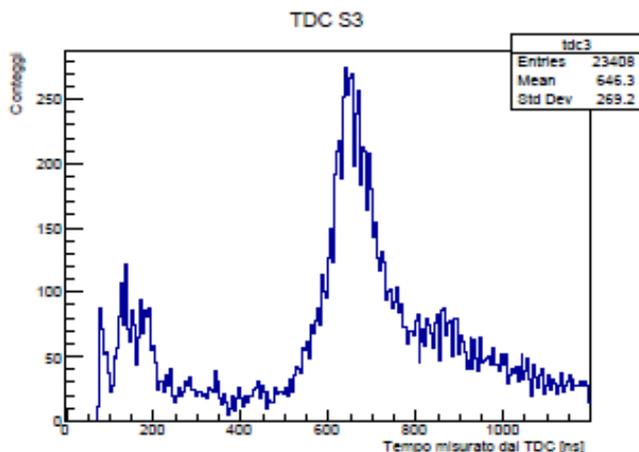
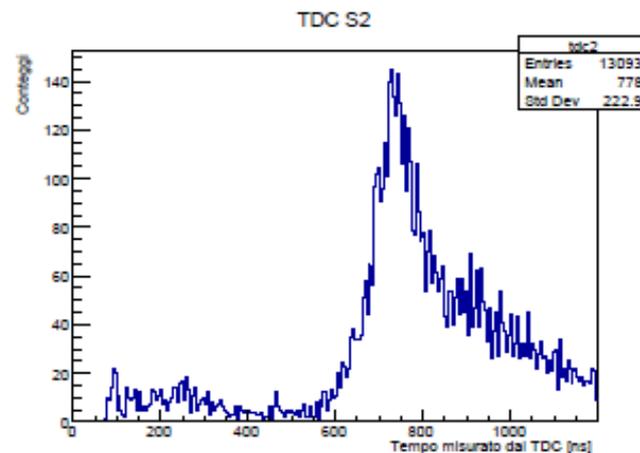
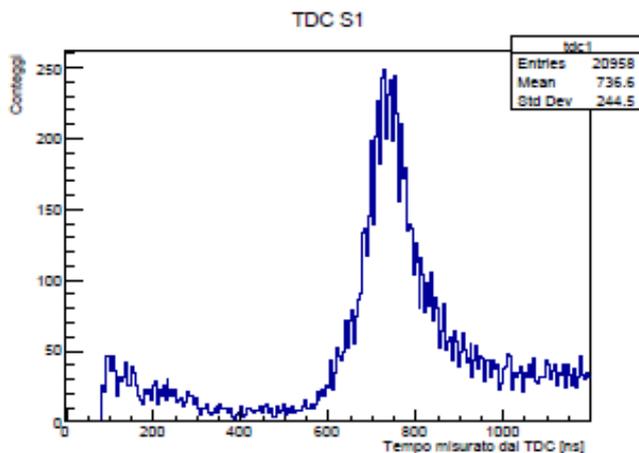
se gli afterpulse hanno una frequenza elevata, le coincidenze accidentali $S_1 \cdot S_2$ dopo qualche $t \sim \mu s$ possono non essere trascurabili e generare dei falsi STOP1, rendendo inutilizzabile lo spettro (o si possono sottrarre?)

ion feedback «afterpulsing»

dallo scorso anno

$$\text{START: } S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot S_4$$

$$\text{STOP: } S_1, S_2, S_3, S_4$$



Tempo di
acquisizione
85 ore.

ion feedback «afterpulsing»

i nostri segnali:

$$\text{START: } S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4}$$

$$\text{STOP1: } S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4} \text{ o ... STOP2: } S_3 \cdot S_4 \cdot \overline{S_1 \cdot S_2} \text{ dopo da 0 a } 25 \mu s$$

se gli afterpulse hanno una frequenza elevata, le coincidenze accidentali $S_1 \cdot S_2$ dopo qualche $t \sim \mu s$ possono non essere trascurabili e generare dei falsi STOP1, rendendo inutilizzabile lo spettro (o si possono sottrarre?)

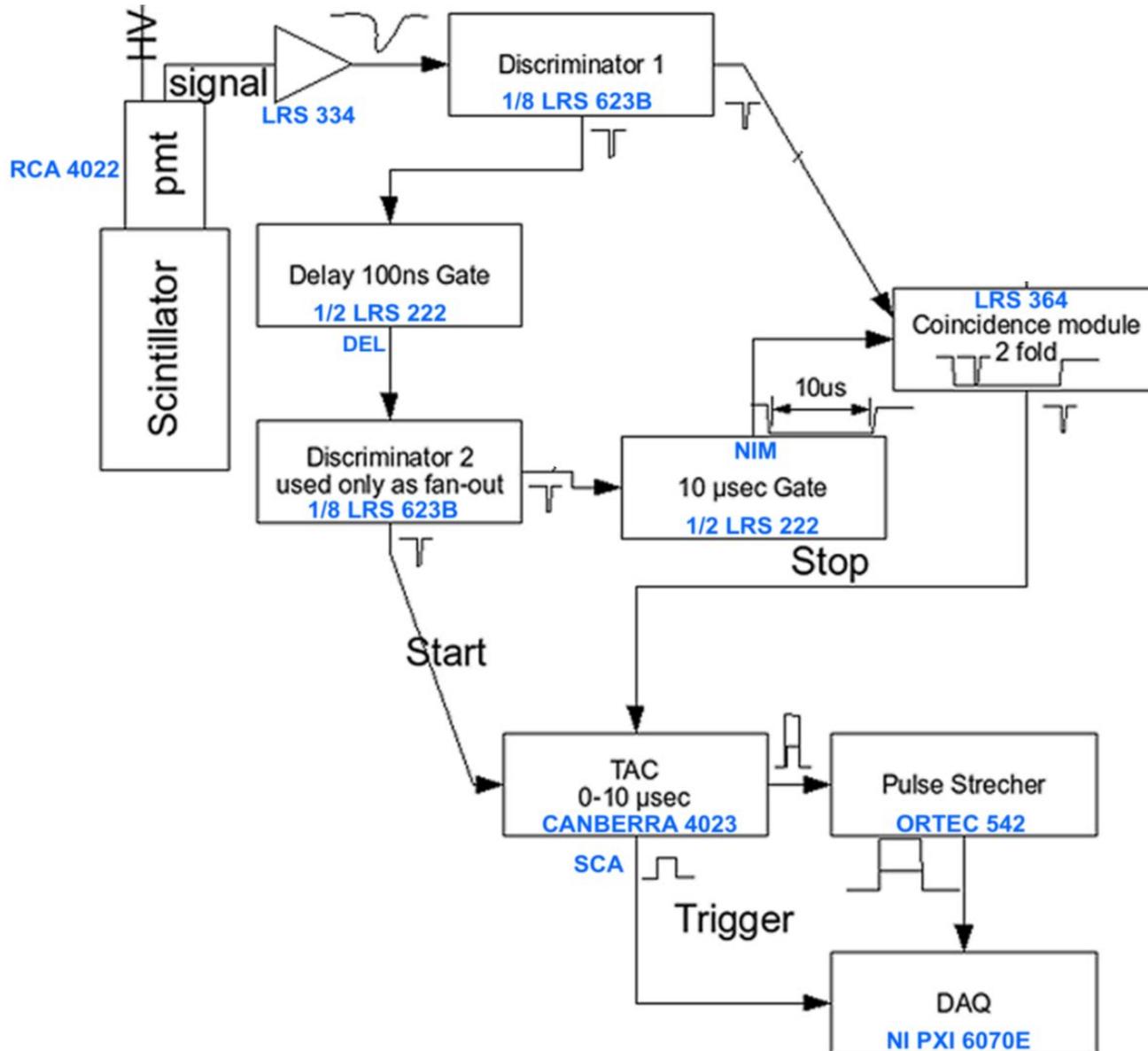
dobbiamo misurare i tempi dati da

$$\text{START: } S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4}$$

$$\text{STOP1: } S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4} \text{ primo segnale DOPO lo START}$$

lo START al TDC va ritardato, per evitare che lo stesso segnale dia START e STOP

ion feedback «afterpulsing»



ion feedback «afterpulsing»

i nostri segnali:

$$\text{START: } S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4}$$

$$\text{STOP1: } S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4} \text{ o ... STOP2: } S_3 \cdot S_4 \cdot \overline{S_1 \cdot S_2} \text{ dopo da 0 a } 25 \mu s$$

dobbiamo misurare i tempi dati da

$$\text{START: } S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4}$$

$$\text{STOP1: } S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4} \text{ primo segnale DOPO lo START}$$

lo START al TDC va ritardato, per evitare che lo
lo stesso segnale dia START e STOP

in pratica: START: $S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4}$ ritardato

$$\text{STOP: } S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4}, S_1, S_2, S_1 \cdot S_2$$

potrebbe essere molto simile al sistema di acquisizione finale

tutto questo per capire se possiamo usare STOP1

per STOP2 non dovrebbero esserci problemi

da fare in laboratorio entro il 12/12/24

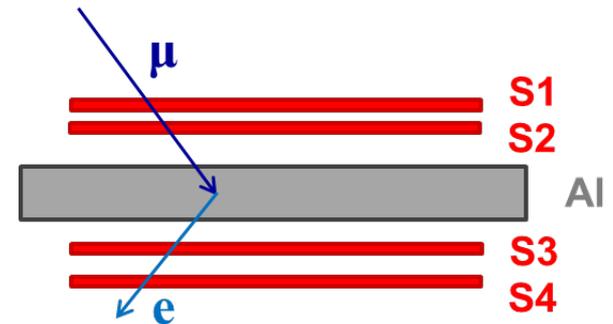
- 1. preparazione della misura di intervalli di tempo fino a 12 e 25 μs**
- 2. studio degli “afterpulse” e definizione di STOP**

in parallelo

- 1. stima del numero di decadimenti rivelabili al giorno**
- 2. usando i test sulle distribuzioni di χ^2 da eventi simulati, stima del tempo di misura necessario**

stima del numero di eventi al giorno

- geometria “media” ordine di grandezza
 - simulazioni MC: se fatto bene, richiede (troppo) tempo
- a) stima del numero di muoni incidenti e confronto con conteggi $S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot S_4$
 $S_1 \cdot S_2$ $S_3 \cdot S_4$ - fatto
- b) stima del numero di muoni che attraversano S1 e S2 e si fermano in Al
- c) stima della percentuale di elettroni di decadimento rivelati

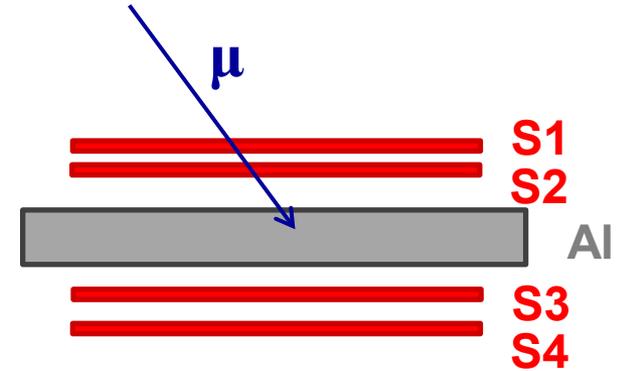


b) stima del numero di muoni che attraversano S1 e S2 e si fermano in Al

da a) piu' range
e distribuzione in energia dei muoni

oppure da

spettro differenziale di range



b) stima del numero di muoni che attraversano S1 e S2 e si fermano in A1

spettro differenziale di range

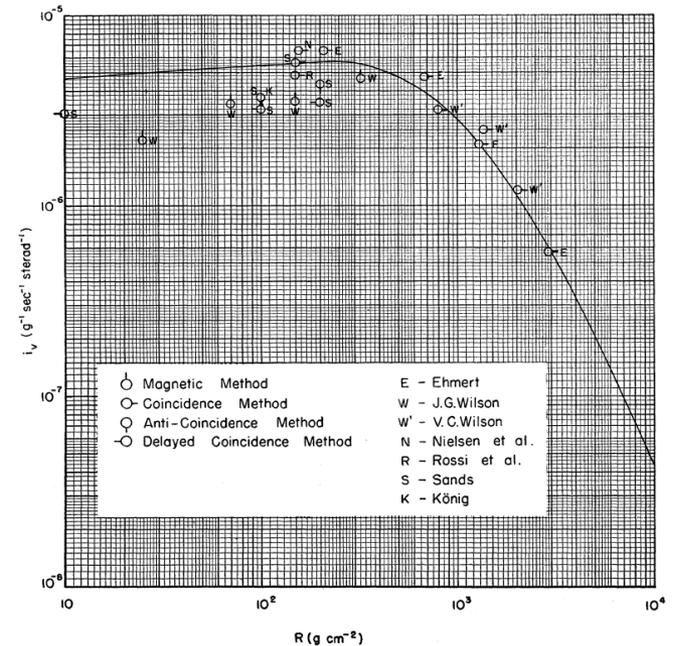
“differential range spectrum” of the muons flux at sea level

$$i_v(R) = \frac{dN}{dS dt d\Omega dR}$$

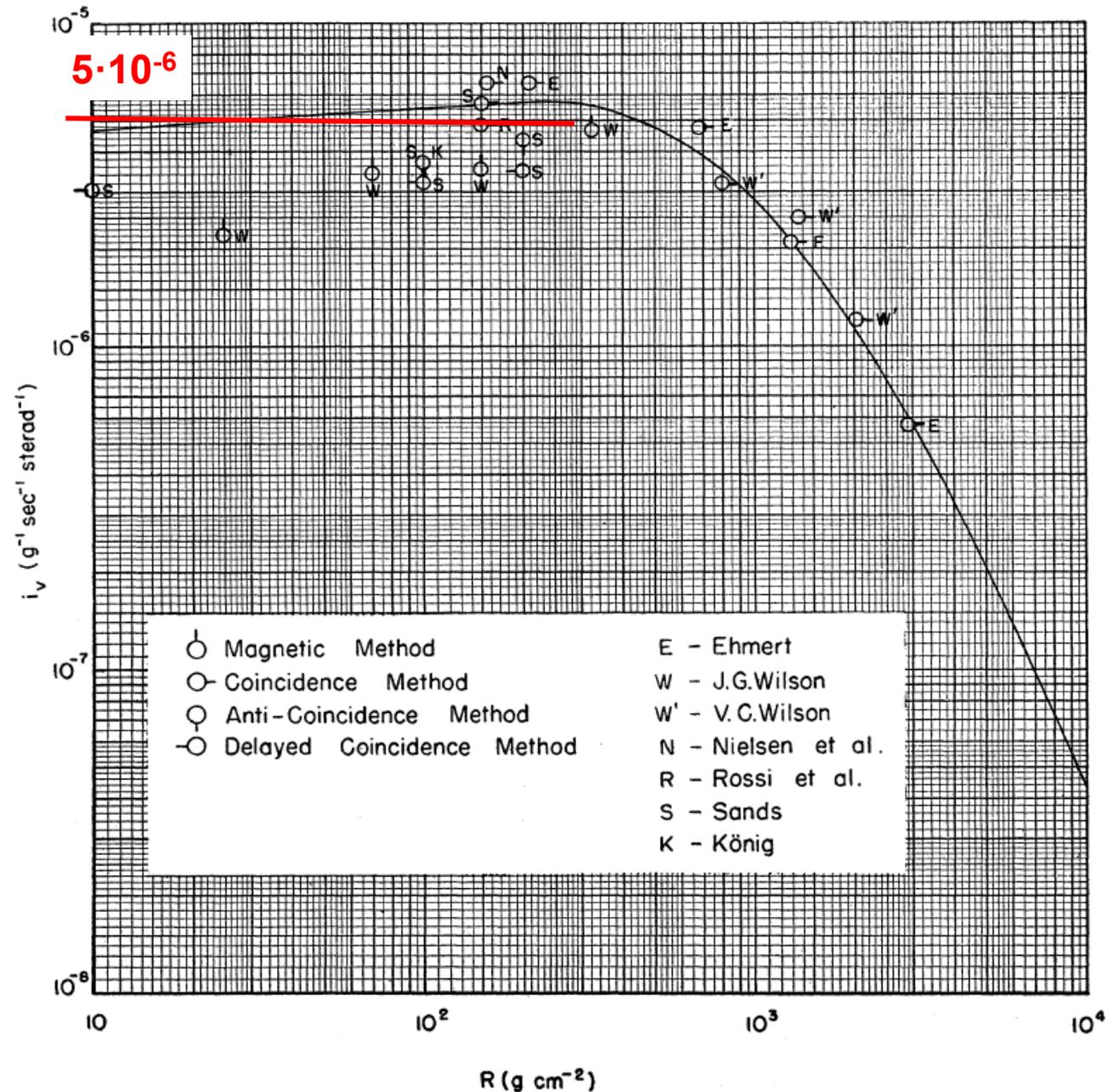
which is the vertical flux of muons which are brought to rest in dR after traversing a thickness R ($x\rho, g cm^{-2}$)

number of muons per unit S, t, Ω
brought to rest after a thickness S :

$$\int_0^S i_v(R) dR$$



spettro differenziale di range



$$\Phi_v = \int_0^s i_v(R) dR$$

$$\cong 5 \cdot 10^{-6} \cdot s$$

$$\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{sr}^{-1}$$

$$s = xp = \dots \text{g/cm}^2$$

$$x = \frac{l}{\langle \cos\theta \rangle}$$

2.7 g/cm³

b) stima del numero di muoni che attraversano S1 e S2 e si fermano in Al

spettro differenziale di range

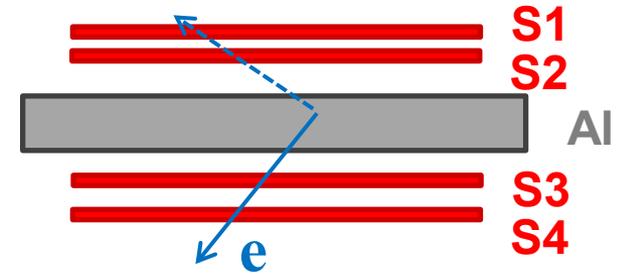
calcolato Φ_ν [$\text{cm}^{-2}\text{sr}^{-1}\text{s}^{-1}$] integrare su area e angolo solido tenendo conto che i muoni utili sono solo quelli che attraversano scintillatori e Al

confronto con $S_1 \cdot S_2 \cdot \overline{S_3 \cdot S_4}$

per questa stima, meglio usare solo μ^+ , circa meta'...

→ μ^+ che si fermano in Al al giorno

c) stima della percentuale di e di decadimento rivelati



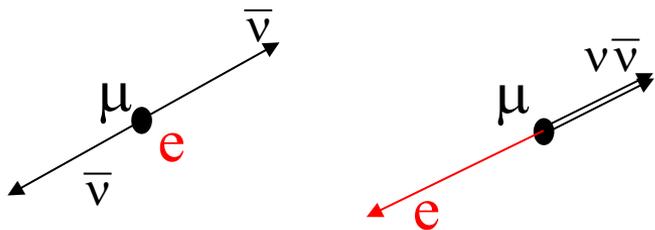
1. accettazione geometrica *distribuzione isotropa*
2. perdita di energia in Al

MEASUREMENT OF THE MOMENTUM SPECTRUM OF POSITRONS FROM MUON DECAY*

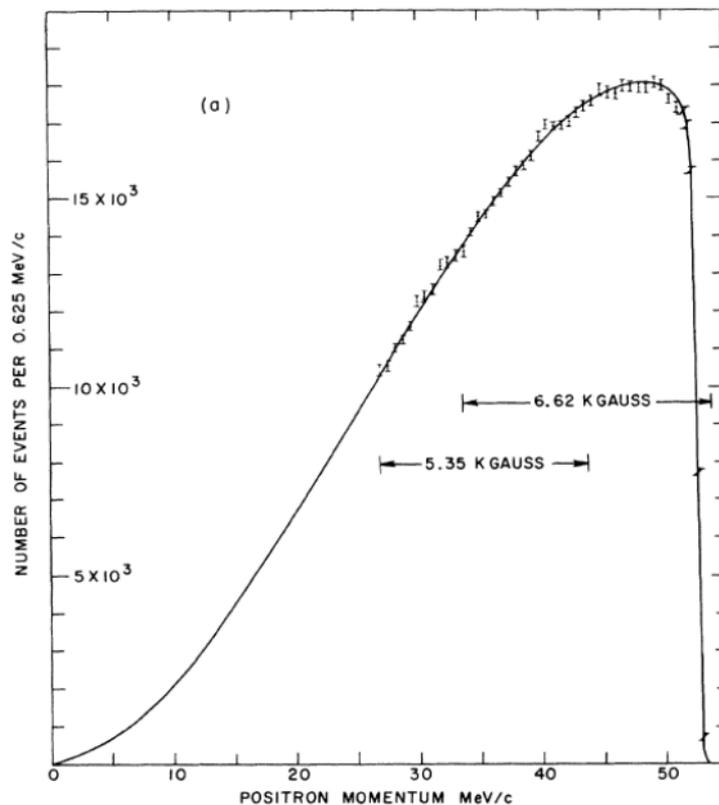
Marcel Bardon, Peter Norton, John Peoples,[†] and Allan M. Sachs
Columbia University, New York, New York

and

Juliet Lee-Franzini
State University of New York at Stony Brook, Stony Brook, New York
(Received 16 February 1965)



$$0 < E_e < \frac{1}{2} m_\mu c^2$$



MEASUREMENT OF THE MOMENTUM SPECTRUM OF POSITRONS FROM MUON DECAY*

Marcel Bardon, Peter Norton, John Peoples,† and Allan M. Sachs
Columbia University, New York, New York

and

Juliet Lee-Franzini
State University of New York at Stony Brook, Stony Brook, New York
(Received 16 February 1965)

**normalised distribution
function:**

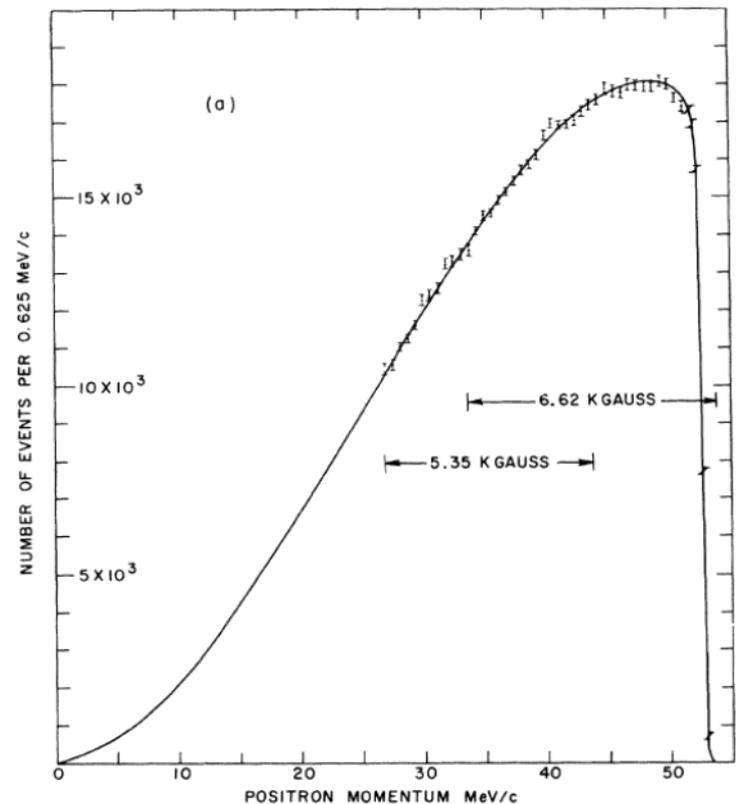
$$f(E) \cong a \cdot E = \frac{2 \cdot E}{E_{\max}^2}$$

$$E_{\max} \cong 52 \text{ MeV}$$

not all the e will be detected

range of electrons: $R \text{ (g/cm}^2) \sim 0.54 \cdot E \text{ (MeV)}$

(Segre', Nuclei and Particles)



da fare in laboratorio entro il 12/12/24

- 1. preparazione della misura di intervalli di tempo fino a 12 e 25 μs**
- 2. studio degli “afterpulse” e definizione di STOP**

in parallelo

- 1. stima del numero di decadimenti rivelabili al giorno**
- 2. usando I test sulle distribuzioni di χ^2 da eventi simulati, stima del tempo di misura necessario**

16/12

- confronto stime del numero di eventi attesi
- discussione sul sistema di acquisizione
- analisi dei dati