
Annichilazione del Positrone

Verifica di annichilazione
del positrone mediante
spettrometria gamma e
tecniche di coincidenza

Lodovico Lappetito

Sommario

Il Positrone.....	3
Annichilazione del positrone	3
Sorgente di Positroni	3
Sorgente Sodio 22 (^{22}Na)	3
Spettro Gamma della Sorgente Sodio 22 (^{22}Na)	4
Coincidenza della emissione gamma – gamma	5
Correlazione Angolare nell'emissione Y-Y del Na22	7

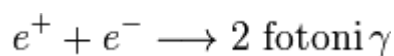
Il Positrone

Il **positrone** (detto anche **antielettrone** o positone) è l'antiparticella dell'elettrone. Ha carica elettrica +1, uguale e opposta all'elettrone, lo stesso spin 1/2 e la stessa massa.

I positroni furono scoperti nei raggi cosmici da Carl Anderson nel 1932. Furono Patrick Blackett e Giuseppe Occhialini a completare la scoperta l'anno successivo, confermando la previsione teorica dell'esistenza di un'antiparticella dell'elettrone, formulata da Paul Dirac.

Annichilazione del positrone

Quando un positrone viene in contatto con un elettrone si ha un processo di annichilazione e la loro massa viene convertita in energia, nella maggior parte dei casi sotto forma di due fotoni ad altissima energia nella banda dei raggi gamma, secondo il seguente processo:

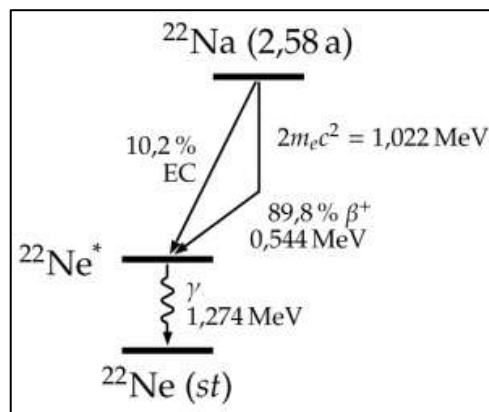


Prima dell'annichilazione, il positrone e l'elettrone possono anche formare, in determinate condizioni, un atomo di tipo esotico, per sua natura instabile, chiamato positronio.

Sorgente di Positroni

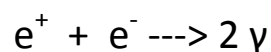
Un positrone può essere generato dal **decadimento radioattivo β** o dall'interazione con la materia di fotoni con energia superiore a 1,022 MeV : questo ultimo processo viene chiamato produzione di coppia, in quanto genera sia un positrone che un elettrone.

Sorgente Sodio 22 (^{22}Na)



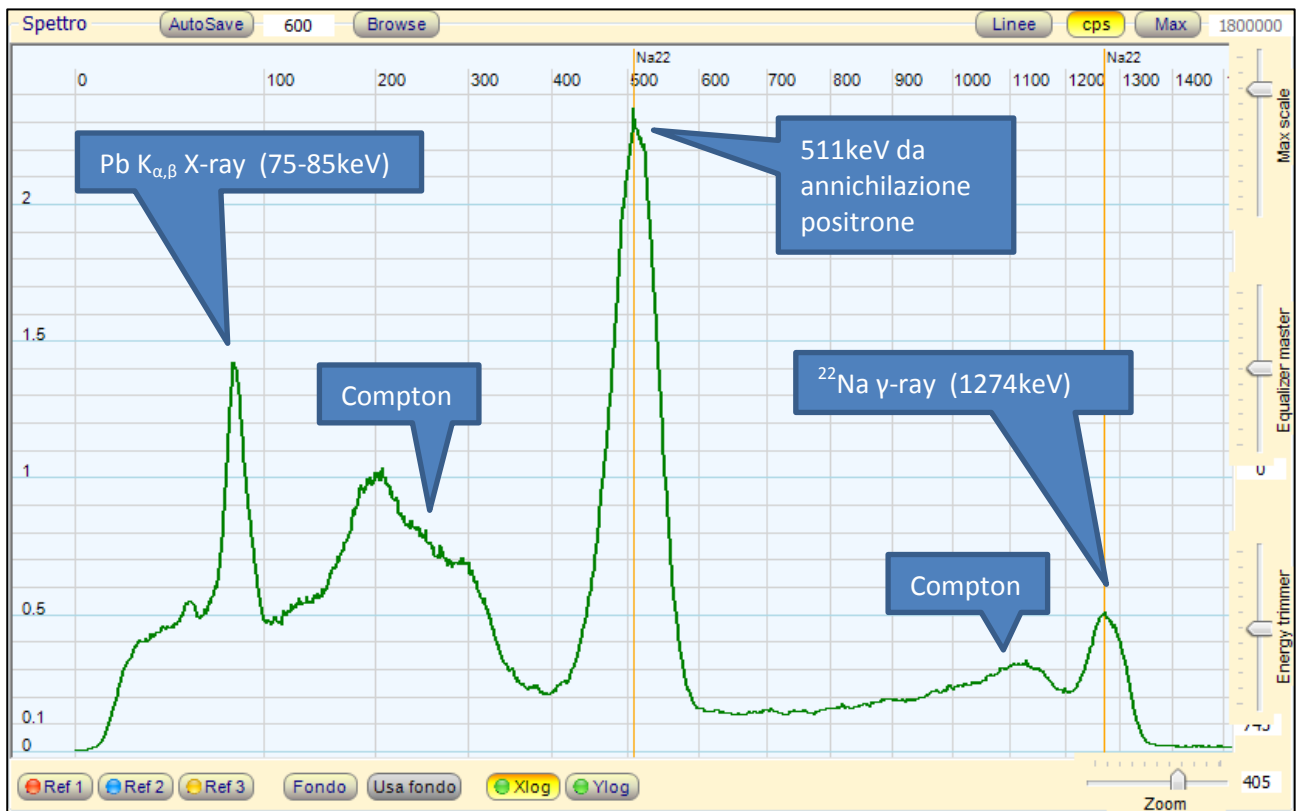
1 uC isotopo ^{22}Na e relativo schema di decadimento

L'isotopo ^{22}Na decade (nel 99.95% dei casi) con emivita di 2,6 anni, per emissione di positroni o cattura elettronica verso il primo stato eccitato del ^{22}Ne a 1.274 MeV (il quale successivamente si rilassa per emissione di fotone gamma). **I positroni emessi dalla sorgente si annichilano nel materiale che fa da supporto alla sorgente, producendo 2 gamma di energia 0.511 MeV ciascuno**, secondo il processo :



I due fotoni gamma a **0.511MeV** vengono emessi a 180 gradi l'uno dall'altro. Questo permette di effettuare misure di correlazione e coincidenza.

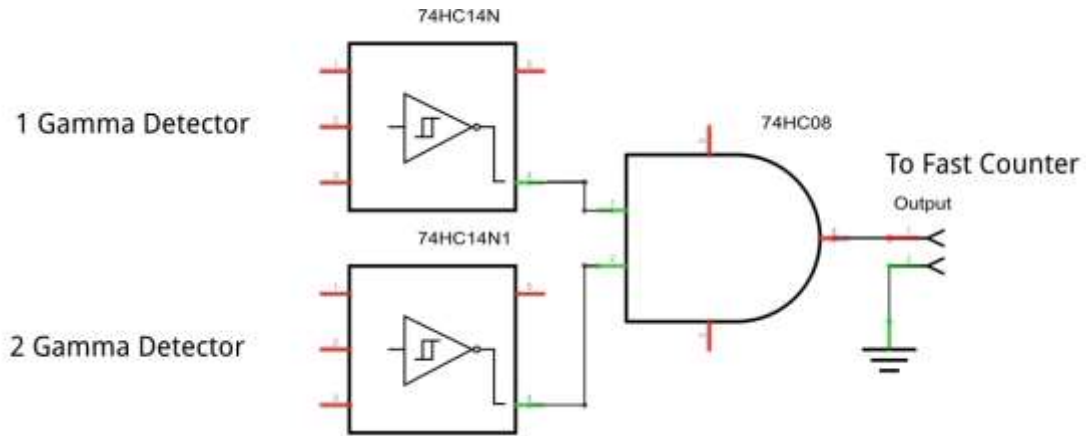
Spettro Gamma della Sorgente Sodio 22 (^{22}Na)



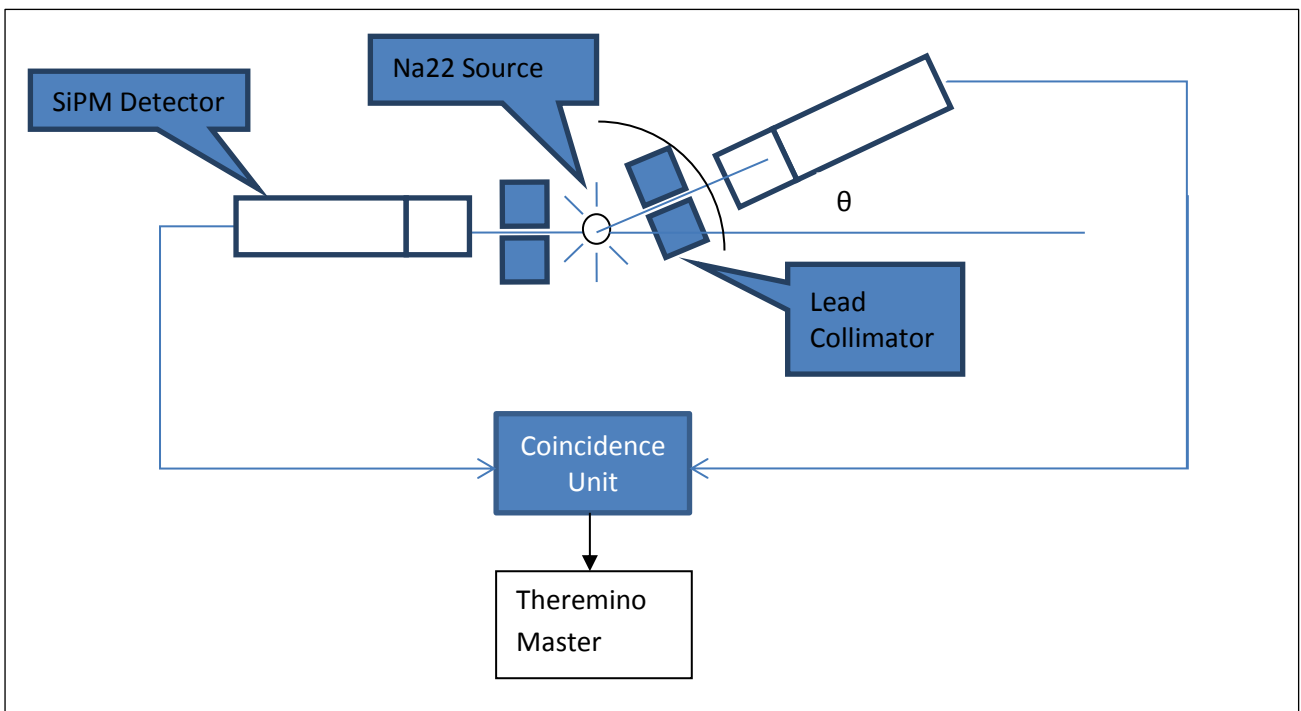
Sonda a scintillazione – Cristallo NaI(Tl) 25.4x25.4mm - PMT R6095 Hamamatsu – schermato

Coincidenza della emissione gamma – gamma

I test sono stati fatti utilizzando due SiPM (Fotomoltiplicatori al silicio) gamma detector, le cui uscite logiche vengono inviate ad una logica di AND. In questo modo si ottiene un impulso in uscita soltanto quando i due detector producono un impulso allo stesso istante.



Come sorgente è stata utilizzata una pastiglia di 1 μC di Na^{22} che presenta una emissione $\gamma - \gamma$ dovuta alla annichilazione del positrone emesso nel decadimento β . I due fotoni gamma di 511keV vengono emessi in direzioni diametralmente opposte a causa del principio di conservazione della quantità di moto.



setup sperimentale

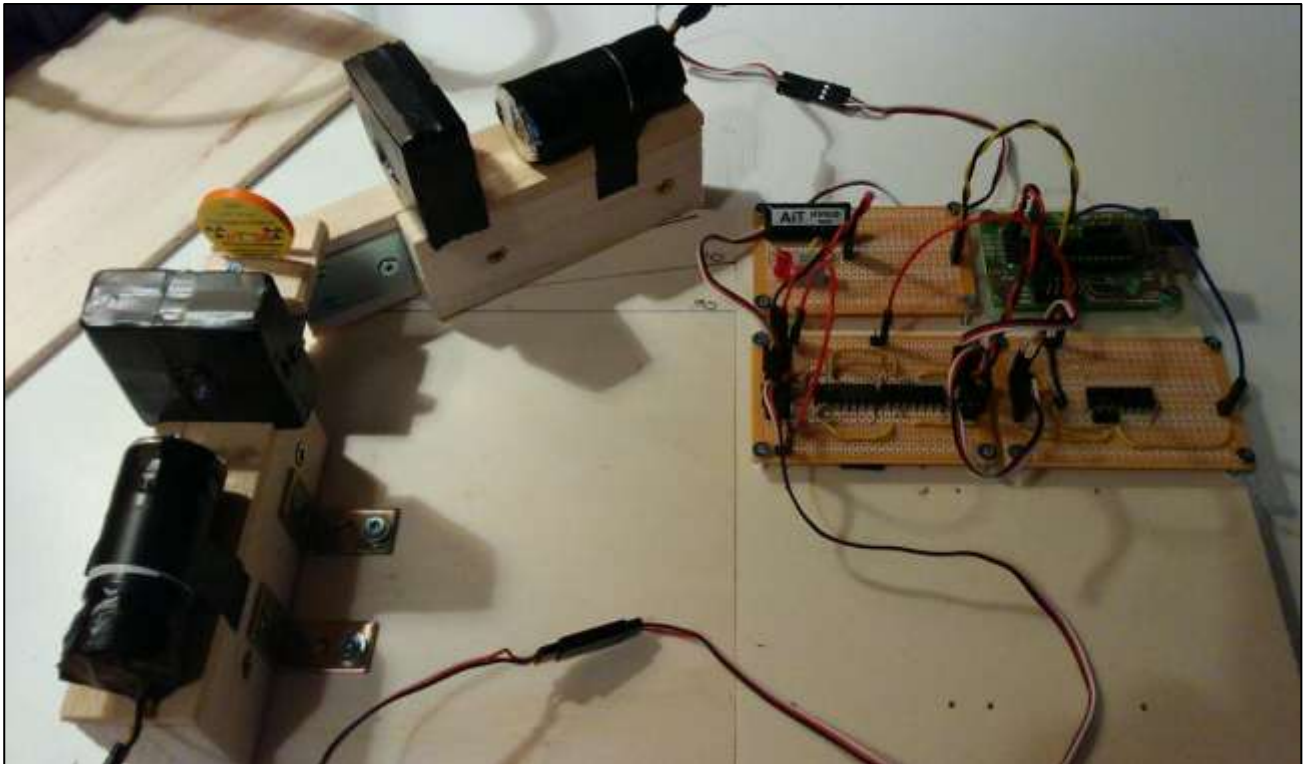
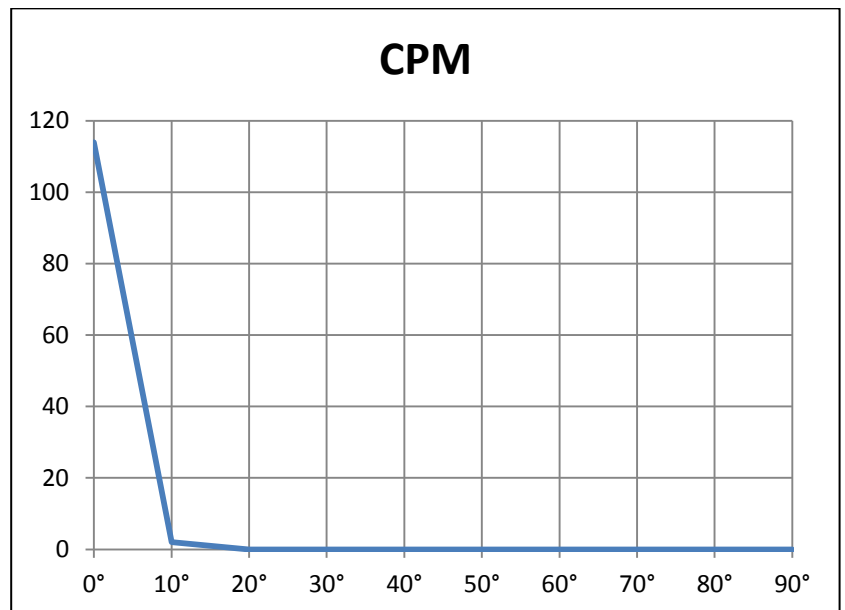


Immagine del setup sperimentale

θ	CPM
0°	114
10°	2
20°	0.5
30°	0.5
40°	0.5
50°	0.5
60°	0.5
70°	0.5
80°	0.5
90°	0.5



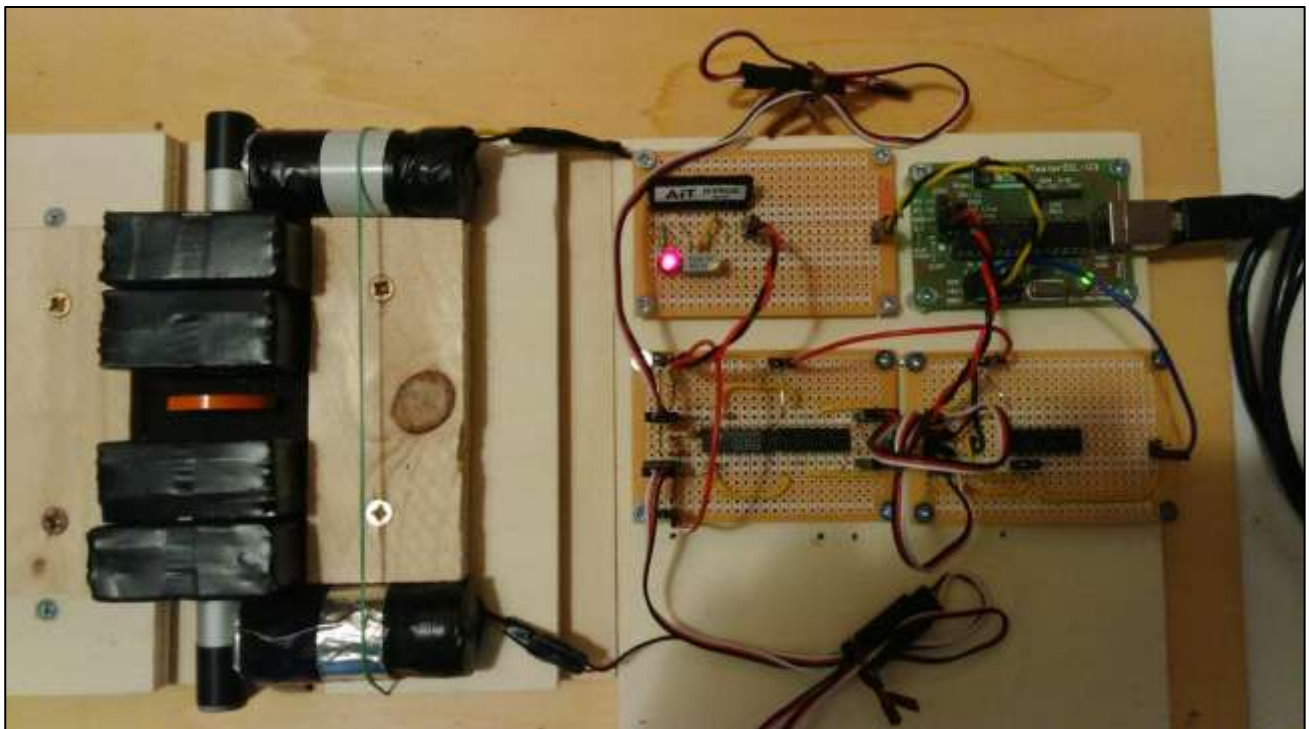
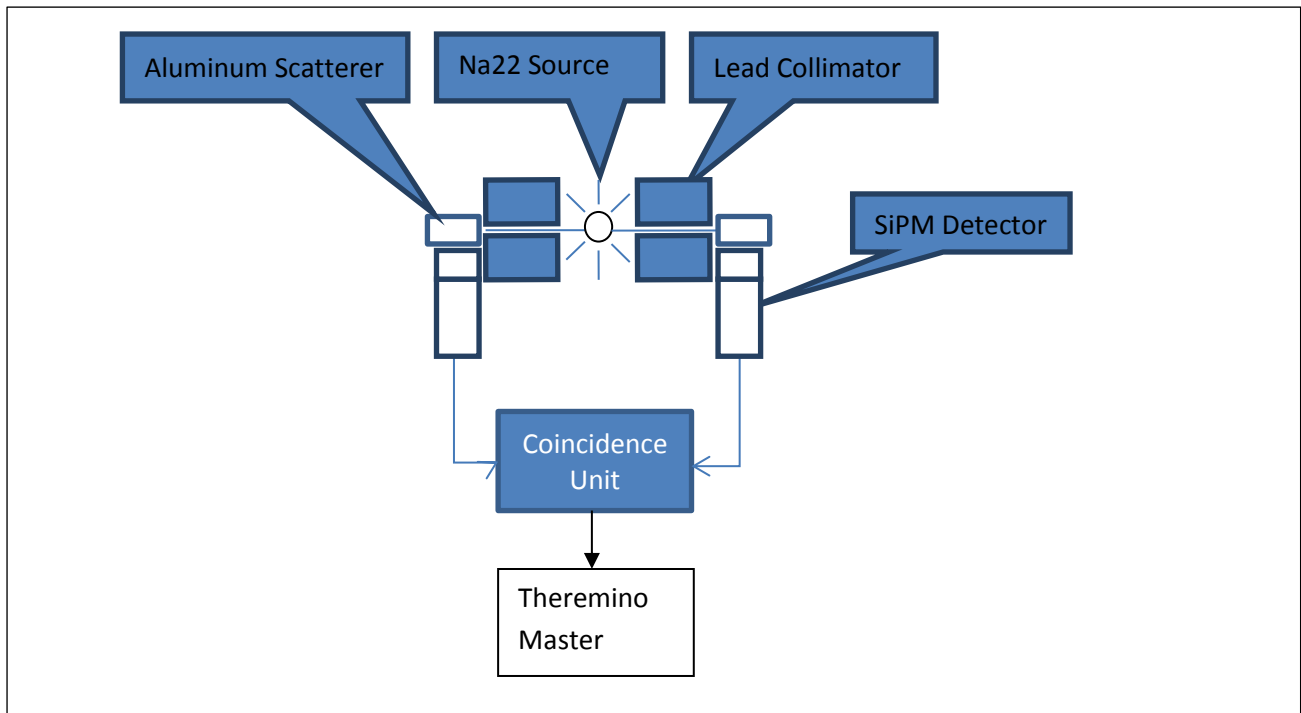
Nella tabella sono mostrati i risultati delle misurazioni (ratemeter) al variare dell'angolo di inclinazione dei due gamma detector. Le misure sono state fatte su di un tempo di integrazione di 200s.

Il valore di 0.5CPM è il valore di background che si misura "a vuoto" ed è dovuto ad eventi spuri ed a coincidenze casuali che si verificano nei detector, soprattutto a causa della radioattività residua presente nel cristallo LYSO.

Come si può vedere il picco si ottiene quando i due detector sono allineati, all'aumentare dell'angolo di inclinazione il rateo di conteggio si azzerava rapidamente, a dimostrazione del fatto che i due fotoni gamma vengono emessi esattamente in direzioni diametralmente opposte.

Correlazione Angolare nell'emissione Y-Y del Na22

I due gamma detector in coincidenza sono stati utilizzati per fare delle misure qualitative sulla correlazione angolare dei fotoni gamma emessi nella annichilazione del positrone emesso nel decadimento β dell'isotopo Na22.



Schema e foto del setup sperimentale

Sorgente 1 μ C Na22 – Diffusori Compton da 12mm – Collimatori in piombo da 40 mm con foro da 10mm

Le misure sono state fatte ponendo i detector nelle seguenti due posizioni relative :

- Detector paralleli
- Detector ortogonali



Detector paralleli



Detector ortogonali

Misura (tempo misura 9999s)	CPM
Background senza sorgente Na22	0.50
Background con sorgente Na22 senza compton scatterer	1.30
Detector paralleli	1.68
Detector ortogonali	1.90

Sottraendo il background che si misura senza compton scatterer si ottengono i seguenti valori :

Detector \parallel = 0.38 CPM

Detector \perp = 0.60 CPM

Questi valori sono compatibili con le previsioni teoriche (e le verifiche sperimentali fatte ad esempio nell'esperimento di Wu-Shaknov) che stabiliscono un rateo di conteggio maggiore nel caso in cui i detector sono ortogonali.

Questo viene considerato una conferma che i fotoni gamma emessi sono polarizzati su piani sfasati di 90°.

Questo risultato è compatibile con l'ipotesi che i due fotoni gamma siano entangled.