

一、研究目的	
二、背景知識	
1、宇宙射線.....	2
2、平均生命期.....	3
三、研究器材	
1、閃爍偵測器.....	6
2、NIM Module.....	12
四、研究過程及數據分析	
1、閃爍偵測器的工作電壓量測	
(1)方法一：用一般方法量測.....	24
(2)方法二：用 Coincidence 方法量測.....	27
2、宇宙射線通量測定.....	32
3、渺子生命期量測	
3.1 量測想法	
(1)渺子衰變和閃爍偵測器的作用.....	32
(2)觸發狀況.....	33
(3)取數法.....	37
3.2 量測過程	
(1) 取數法一.....	39
(2) 取數法二.....	41
(3) 取數法三.....	45
(4) 量測放鉛片與沒放鉛片渺子的衰變率.....	49
五、研究結果整理	
1、閃爍偵測器的工作電壓.....	50
2、宇宙射線通量.....	50
3、渺子生命期.....	50
六、參考資料.....	51
七、附錄.....	51

一、研究目的

- 1、量測渺子的生命週期。
- 2、學習一些高能實驗的基本儀器。

二、背景知識

1.宇宙射線(cosmic ray)

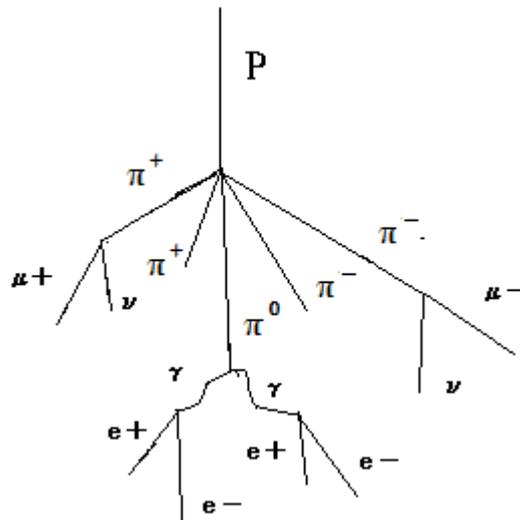
宇宙中的星球演化生成許多不同的粒子，我們稱這些粒子為宇宙射線。在這些宇宙射線中，質子(proton)和重原子核(heavier nuclei)占大多數約有 98%，剩下 2%為電子及其他物質，我們稱這些在星際中的粒子為初級宇宙射線(Primary cosmic ray)。初級宇宙射線進入大氣層後，和大氣中粒子碰撞產生粒子簇射(shower of particle)產生其他粒子，包括中子(neutron)、質子(proton)、電子(electron)、正電子(positron)、光子(photon)、 π 介子(pion)、K 介子(kaons)、等，這些粒子稱為次級宇宙射線(secondary primary cosmic ray)。次級宇宙射線會在大氣中產生像瀑布般連續不斷的衰變(cascade process)，其中帶電的 π 介子會衰變產生渺子(muon)和微中子(neutrino)；中性的 π 介子會衰變產生兩個光子：

$$p^+ \rightarrow m^+ \quad n_m$$

$$p^- \rightarrow \bar{m} \quad \bar{n}_m$$

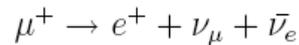
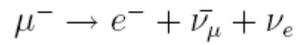
$$p^0 \rightarrow g \quad g$$

$$g \rightarrow e^+ \quad e^-$$



圖一、粒子衰變

渺子經過弱作用力衰變產生電子、微中子、和反微中子(antineutrino)：



並不是所有在大氣上方產生的粒子都可以到達海平面。一般來說，我們在海平面量測粒子，渺子約佔 75%，其次是電子和中子約佔 25%，而其他的粒子佔少數。在海平面量測宇宙射線，每分鐘每平方公分約可量測到一顆粒子，實驗時可利用這個特性去判斷實驗的環境及設定是否正常。

渺子約在海平面上 15km 產生，以 0.98c 行進，由於狹義相對論性效應，渺子的平均存活時間(mean lifetime)~50(us)，可以到由大氣上方抵達海平面。若不考慮狹義相對論性效應，渺子的平均存活時間(mean life time)~2(us)，無法到達海平面。可在海平面測量到大量的 muon，也可將其視為相對論性效應的證據。

2.平均生命期(mean lifetime)

考慮一大群 $N(t)$ 顆粒子在大氣中行進，經過單位時間 dt 後粒子和物質作用衰變，粒子變化量為 dN ：

$$dN = - N(t) \lambda dt \quad \text{..... (1)}$$

$$dN / - N(t) = \lambda dt \quad \text{..... (2)}$$

其中 a、 $\lambda = \text{decay rate} = \text{常數}$ 。當 λ 愈大，粒子衰變越快。

b、 $\lambda dt = \text{單位時間 } dt \text{ 內，粒子衰變機率}$ 。

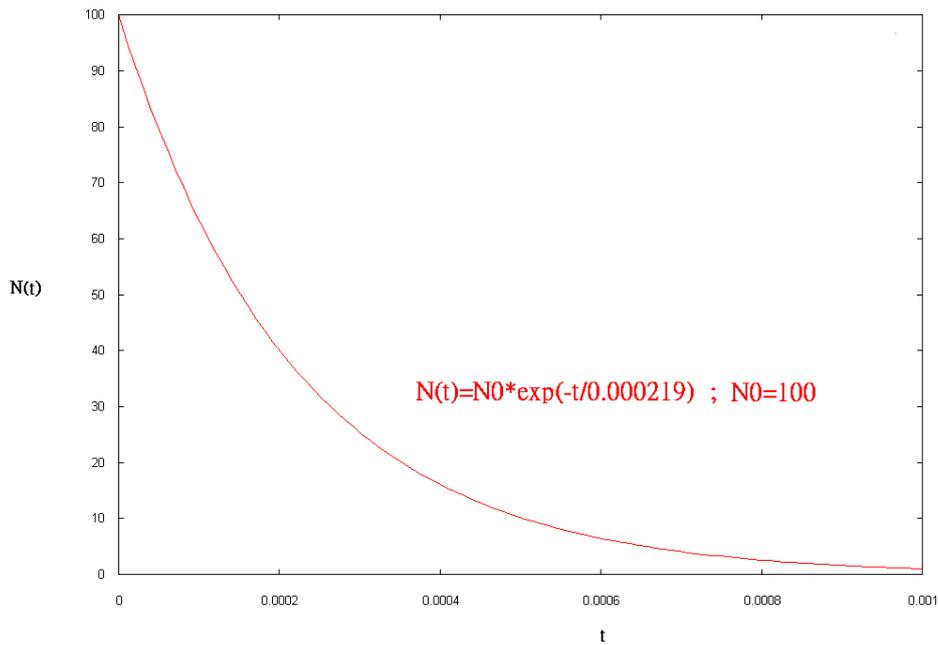
c、 $dN = N(t) - N(t+dt)$ ，粒子變化量。

對(2)積分後可得：

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{..... (3)}$$

令 $N(0) = N_0$ 代入：

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{..... (4)}$$



圖二、時間與粒子數關係圖

我們定義 τ 為粒子的平均生命期(mean lifetime)， $\tau = 1 / \lambda$ 。當 τ 愈大時，表示粒子在大氣中平均存活壽命越長。

對(4)微分：

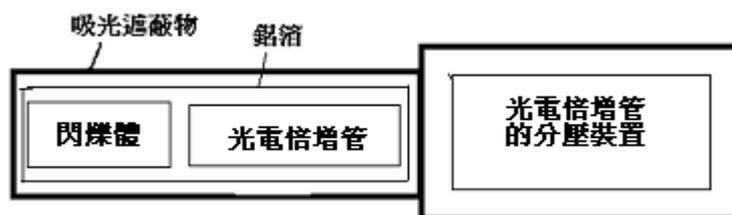
$$dN = - \lambda N_0 e^{-\lambda t} dt \text{ 跂} \dots \dots \dots (5)$$

(5)式表示時間為 $t \rightarrow t+dt$ 時，粒子變化量 dN 。

在做實驗時，量測一大群粒子是有困難的，因為粒子不是同時進到偵測器中，而是一顆一顆隨機進入的。故實驗時，用偵測器一顆一顆量測粒子從進入偵測器到衰變花的時間 t ，將 t 對粒子數量 $dN(t)$ 作圖，得到 $t-dN(t)$ 關係圖，再將數據分布用 \exp 函數 fitting 後可得係數 λ ，求得粒子的平均生命期 $\tau = 1 / \lambda$ 。由於射性物質衰變(radioactive decay)具有隨機性，一顆粒子衰變與否和其他粒子無關，故測量一大群粒子和一顆一顆粒子測量所求得平均生命期 τ 是相同的。

三、研究器材

1.閃爍偵測器(Scintillator Detector)



圖三、閃爍偵測器

閃爍偵測器由三個部分組成，分別是閃爍體(Scintillator)、光電倍增管(Photomultiplier 簡稱 PMT)、和驅動光電倍增管的分壓裝置。閃爍體摻有熒光物質，故當粒子入射時，熒光物質會被激發，然後退激發出光。光進入到光電倍增管中，由於光電效應產生光電流，再由光電倍增管內部裝置放大電流後輸出類比訊號。

以下是閃爍體偵測器的一些基本特性：

- (1)對能量敏感：若入射粒子的能量在激發的最小能量之上，入射粒子能量和閃爍體發出光強度成正比。由於閃爍體偵測器的這個特性，可以做出粒子能量頻譜。
- (2)反應時間快：相較於其他偵測器，閃爍體偵測器的反映時間很快，故可以得到較精確的時間訊息。
- (3)有波形鑑別能力：對於特定的閃爍體，不同粒子入射，輸出的波形不同，故我們可以利用輸出的波形判別入射粒子類型。

1.1 閃爍體

(1)閃爍體的一般特性

閃爍體有個十分重要特性—熒光特性 (luminescence)，它會吸收特定能量型式 (例如：光、熱、輻射能、等。)，然後再以光的形式把能量釋放出來。閃爍體從吸收能量到放出能量會經過一段時間，若這段時間在 10^{-8} 以下，我們就稱這過程為熒光(fluorescence)；若在 10^{-8} 以上，則稱為磷光(phosphorescence)，磷光的過程範圍從幾微秒到幾小時都有可能。

閃爍體的種類有很多種，例如：有機閃爍體、無機閃爍體、液態閃爍體、玻璃、塑料閃爍體、等。可以自己實驗的需求，選擇適合的閃爍體。在選擇閃爍體應注意下列事項：

- a.能量轉換效率高：入射粒子轉換光子比例高。
- b.閃爍體透明度高：這樣光子在閃爍體中被吸收比例較少。
- c.波長範圍匹配：閃爍體和光電倍增管波長範圍匹配，能量轉換效率才高。

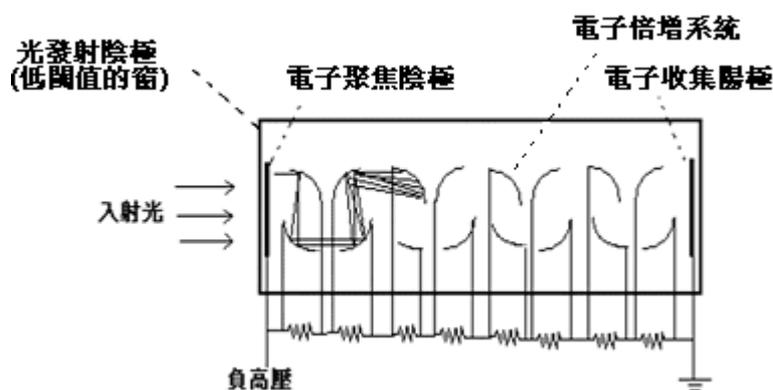
- d.閃爍體衰變常數 τ_d 短：閃爍體反應速率快。
- e.溫度變化：當溫度變化時，閃爍體的發光效率、反應速率、、、等，會跟著改變。

這次實驗選擇的是塑料閃爍體。塑料閃爍體是一種用途很廣的閃爍體，它可以量測 α 、 β 、 γ 、快中子、質子、宇宙射線、、、等。塑料閃爍體的優點如下：

- a.製作簡單，容易塑形。
- b.反應時間快，一般來說只有 2~3(ns)。
- c.透明度高，光傳輸性好。
- c.性能穩定，機械強度強，耐衝擊，耐震，耐潮。
- d.便宜，好取得。

缺點是，會被酸性腐蝕。身體會有體酸，會腐蝕塑料閃爍體，故需用棉花拿取，不能直接用手。由於化學同性互溶的性質，也不可以用酒精擦拭塑料閃爍體。

1.2 光電倍增管

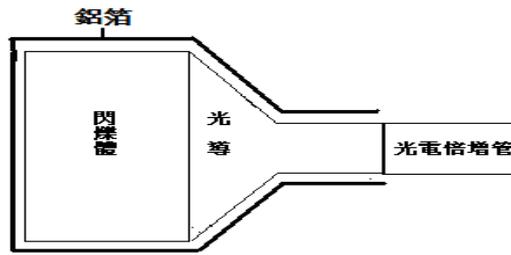


圖四、光電倍增管

光電倍增管是一個光偵測元件，會把偵測到的光訊號轉成電子訊號。光電倍增管是一個真空原件，由四個部分組成：光電發射陰極(光陰極)、電子聚焦陰極、電子倍增系統、電子收集陽極。光陰極是由激發閾值極低的物質組成。當光照射到光陰極時，若光能量超過光陰極激發閾值，則由於光電效應，光陰極會被激發出光電子。這些光電子進入電子聚焦陰極和電子收集陽極間的電場後被加速，連續撞擊被電子倍增系統的金屬片，使金屬片發射出電子，電子數量倍增。這些電子最後被陽極收集，以電子訊號輸出。由於光電倍增管光陰極的閾值很低，故靈敏度高。

前面已經認識了閃爍體和光電倍增管，但閃爍偵測器不是只是把閃爍體和光電倍增管接起來而已，還使用了一些裝置或設計去增加閃爍偵測器的能量轉換效率。接下來就是要介紹這些儀器。

1.3 光導(Light Guides)



圖五、光導可做為匹配閃爍體和PMT截面之用

閃爍體和光電倍增管窗口若截面積不吻合時，則接合不易，我們時常利用光導來使它們的截面匹配。光導材料有塑膠玻璃、合成透明樹脂、光纖、、、等，最近幾年則使用光纖居多。

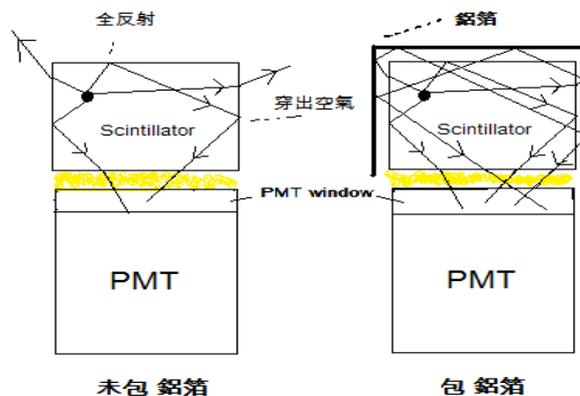
1.4 熒光輻射轉換器(Fluorescent Radiation Converters)

有時閃爍體發出的波常範圍和閃爍偵測器的波常範圍並不匹配，則可以使用熒光輻射轉換器。熒光輻射轉換器是光導中摻雜熒光物質製作而成，同時具有有傳遞光及波長位移的功能。為了製造波長位移效應(wavelength shifters)，在光導內加入熒光物質，這種熒光物質吸收閃爍物質發出的光波長範圍，然後發射出光電倍增管波長範圍的光，如此一來，就可使閃爍體和光電倍增管的波長範圍匹配。

1.5 避免光流失的防護措施

粒子進入閃爍體內，激發閃爍體內的熒光物質使熒光物質發出光子，這些光子在傳遞到光電倍增管的途中，若流失太多，則在光電倍增管中激發出的光電子就會變少，輸出的類比訊號振幅相對的也較小，如此一來便不能由閃爍偵測器發出的訊號去做入射粒子的能量判別。若光電倍增管發出的訊號真的太小，還可能被當作雜訊(noise)濾掉，對量測有很大的影響。以下是避免光流失的三種方法：

(1)閃爍體外部包覆鋁箔：



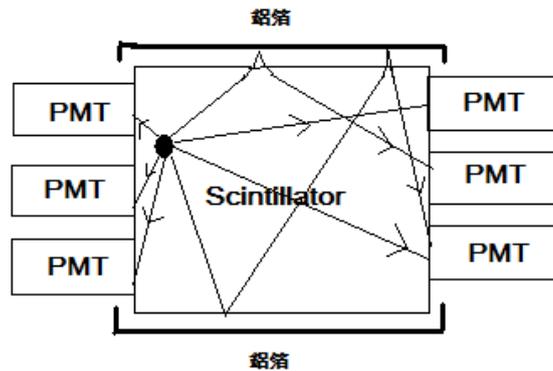
圖六、光從閃爍體邊界流失

當光從閃爍體射出空氣時(圖六)，若入射角大於臨界角，則會產生全反射，光就會被反射回來。當入射角小於臨界角時，光會射出閃爍體，則光就流失了。想要避免光從閃爍體的邊界流掉，可在閃爍體的外部包一層反射物質(通常是鋁箔)，把光反射回來。

(3)在接合處塗光膠：

為避免光從閃爍體入射到光電倍增管時產生全反射(圖六黃色部分)，會在這個閃爍體和光電倍增管接合的地方塗上矽酮油(silicone grease)，俗稱光膠。由於光膠其折射率和閃爍體及光電倍增管窗口差不多，故可減少全反射發生。

(4) 多接幾個光電倍增管：



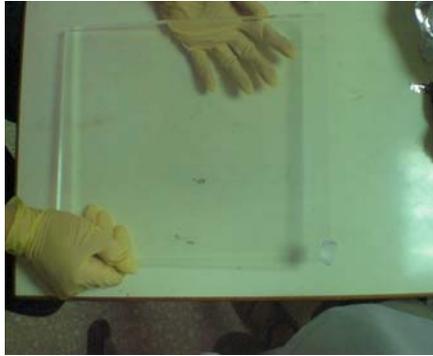
圖七、在閃爍體周圍多接合幾個PMT

光在閃爍體內經過愈多次反射，行進路徑愈長，光子被吸收也愈多，能量流失越多。為改善這種情形，減少反射次數，可在閃爍體周圍多接合幾個PMT，最後再把訊號加總起來。

1.6 裝置閃爍偵測器

Step1. 準備閃爍體、光電倍增管、光膠、鋁箔、防電器黑膠帶、支架、氣筒。

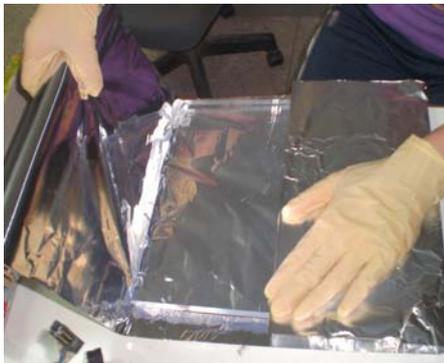
Step2. 先用氣筒清潔表面，然後用鋁箔把閃爍體包住，再用黑紙包住



圖八、準備閃爍體



圖九、用氣筒清潔表面



圖十、用鋁箔把閃爍體包住



圖十一、再用黑紙把閃爍體包住

(1)不可用酒精清潔表面。

(2)由於使用的是塑料閃爍體，要戴手套

Step3.把閃爍體和光電倍增管用光膠接著，然後包上黑膠帶。



圖十二、把光膠塗在接合



圖十三、閃爍體和光電倍增管接上

(1)不要用手把光膠抹勻，因為這樣容易產生氣泡，只要把光膠放在光電倍增管表面上，然後把光電倍增管壓在閃爍體上，之後轉一下，這樣光膠就會均勻了。
(2)由於光無孔不入，故要注意每一個角角的地方或者縫隙的地方有沒有開口，須把開口全部黏起來。

Step4.用一個支架把接合處穩固(支架為特別設計過的)，閃爍偵測器就完成了。



圖十四、把支架插入

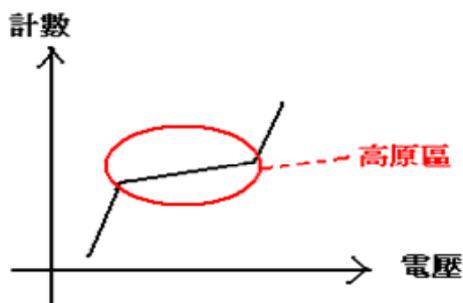


圖十五、支架固定好

Step5.測試閃爍偵測器。把閃爍偵測器加上廠商建議的高壓，然後把訊號接上示波器，觀察訊號波形。若訊號不強或雜訊太多，則要檢查閃爍偵測器是否有包好，外部的光訊號是否有流入。

1.7 閃爍偵測器高原區

在使用閃爍偵測器前，須先測量其高原區(Plateau)，把工作電壓取在高原區上，然後使用偵測器的工作電壓工作進行實驗。閃爍偵測器的電壓對計數關係如圖十六，在中間範圍的電壓，計數變動較平緩，稱這段較平緩的範圍為偵測器的高原區。閃爍偵測器的高原區範圍很廣，通常會超過 1000(V)。



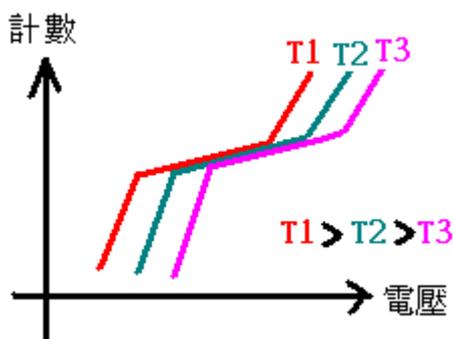
圖十六、閃爍偵測器電壓對計數關係圖

為什麼要量測閃爍偵測器高原區呢？當外加高壓在不在高原區時，只要電壓有些微變動，計數率就會急速增加或減少，電流的放大倍率會突增或突減；當高

壓在高原區時，電壓對計數率的影響較小，意即光電倍增管的電流放大倍率較穩定。電流放大倍率會影響輸出訊號的振幅，若放大倍率太大就有可能將雜訊放大。為了避免由於電壓的不穩定影響 PMT 的電流放大倍率，才量測高原區，並且把工作電壓取在高原區上。

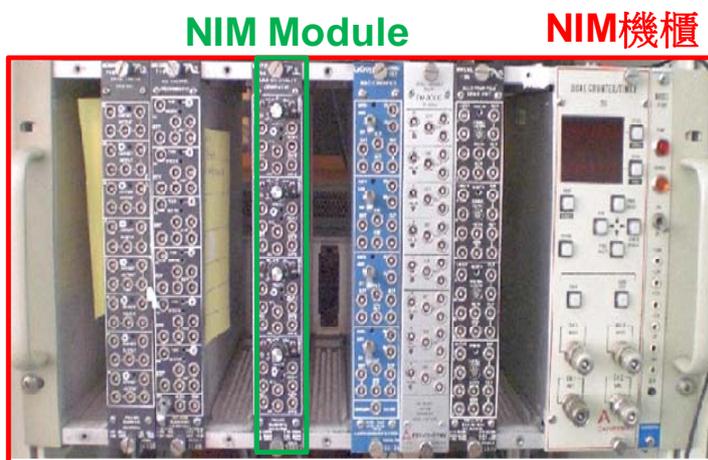
影響閃爍偵測器高原區的原因：

- (a)入射粒子種類:不同粒子，入射偵測器的能量不同，發出得訊號振幅也不同，造成高原區範圍不同。
- (b)鑑別器的閾值(Threshold)的設定：如圖十七所示，鑑別器的閾值設定越高，高原區範圍愈往高壓地區移動。



圖十七、在不同於閾值下電壓與計數關係

2.NIM Module



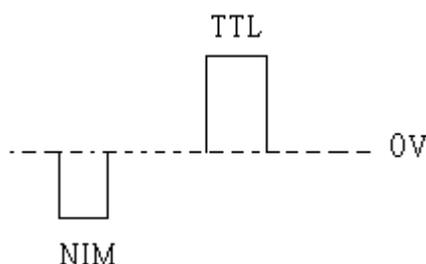
圖十八、NIM 實驗系統

在原子核和高能物理中，建立的第一個(或最簡單的)實驗模組系統稱 NIM(Nuclear Instrument Module)。NIM 實驗系統由許多基本的電子儀器模件組成，稱這些模件為 NIM Module，例如：放大器(Amplifier)、鑑別器(Discriminator)、等。依實驗需求，把 NIM Module 置入 NIM 櫃(供給 NIM Module 電壓的機櫃)中，就可組裝一個實驗系統。NIM 實驗系統的優點在於：(1)變化性大：可以依的實驗

需求組裝所需的 NIM 系統，十分方便。(2)除錯方便：若實驗上有問題，可以一個一個 NIM Module 除錯。

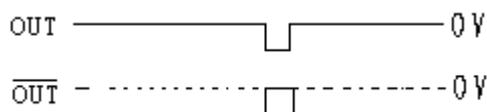
NIM Module 送出的訊號有類比訊號(analog)及數位訊號(digital)兩種。類比訊號特性是其波形及振幅為連續變化，可由這些波形及振幅得知一些物理訊息。邏輯訊號有固定波形，能告知事件有無發生的狀態。事件發生，邏輯為 1；沒事件發生，邏輯為 0。

NIM Module 輸出的邏輯訊號有正負兩種極性(polarity)。這次實驗使用兩種邏輯訊號，第一個是極性為負的 NIM 訊號，第二個為極性為正的 TTL 訊號。NIM 訊號，極性為負：沒事件發生時，邏輯為 0，電壓在 0(V)；有事件發生時，邏輯為 1，電壓約在-1(V)。TTL 訊號，極性為正：沒事件發生時，邏輯為 0，電壓在 0(V)；有事件發生時，邏輯為 1，電壓約在+1.5(V)。



圖十九、NIM 訊號及 TTL 訊號輸出

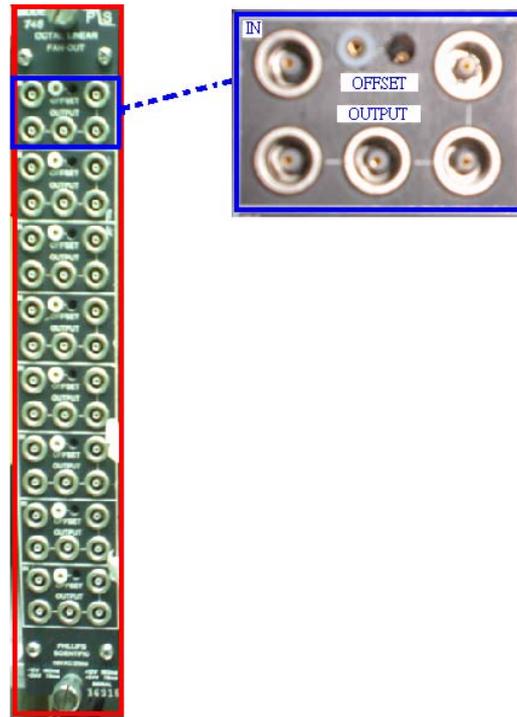
NIM Module 上常有兩種輸出孔，OUT 和 $\overline{\text{OUT}}$ 輸出。OUT 為正常邏輯輸出，沒事件發生時，輸出邏輯為 0；有事件發生時，輸出邏輯為 1。 $\overline{\text{OUT}}$ 為邏輯相反輸出，有事件發生時，輸出邏輯為 0；沒事件發生時，輸出邏輯為 1。以 NIM 訊號為例當使用 OUT 輸出：沒事件發生，邏輯為 0，電壓在 0(V)；有事件發生，邏輯為 1，電壓約在-1(V)；當使用 $\overline{\text{OUT}}$ 輸出：沒事件發生，邏輯為 1，電壓約在-1(V)；有事件發生，邏輯為 0，電壓約在 0(V)。



圖二十、NIM 訊號的正常輸出及極性相反輸出

接下來介紹這次實驗上會是用到的 NIM Module。

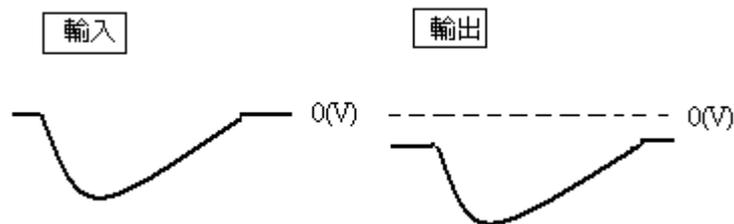
2.1 Fan-in/Fan-out



圖二十一、Fan-out

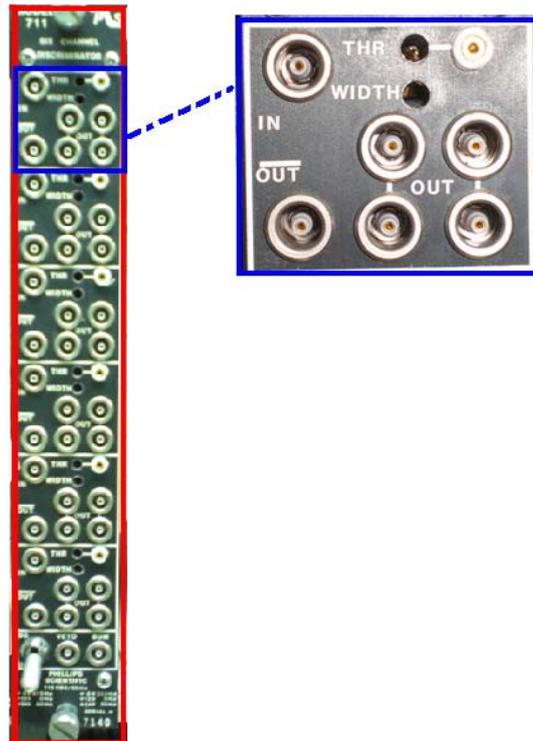
一台 NIM Module 中，通常會有好幾組相同功能的電子儀器，例如圖二十一中，一台 Fan-Out Module 中有組可使用的 Fan-Out，每一組的功能都相同。

Fan-out 有一個輸出孔，多個輸入孔。把輸入訊號複製，輸出多個和輸入訊號波形、振幅一模一樣的訊號。可接收正負兩種極性的輸入。除此之外，有兩種不同的變化：線性(linear)和邏輯(logic)，例如：The Linear Fan-out，可以輸入線性或邏輯的訊號。邏輯的 module，例如：The Logic Fan-out，只能輸入邏輯的訊號。需注意，輸出的訊號可能會有零位位移(offset)的現象,必須用 OffSet 的旋鈕校準。



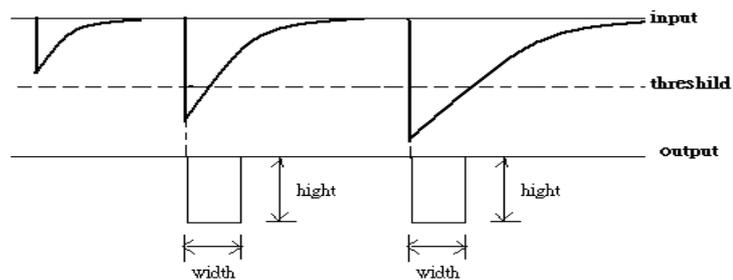
圖二十二、零位位移現象

2.2 Discriminator



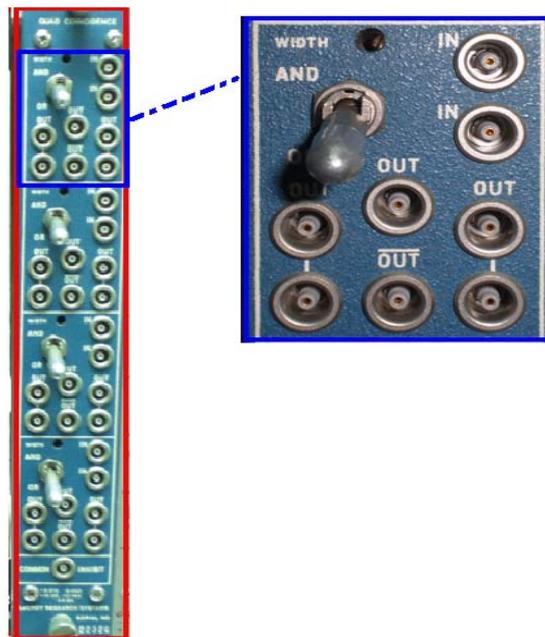
圖二十三、Coincidence Unit

鑑別器是一個篩選訊號的數位邏輯轉換器。若輸入訊號大於鑑別器設定的閾 (threshold)，則會輸出一個的邏輯訊號。輸出訊號的高度及寬度都已標準化，不會因為輸入訊號超過閾值的多寡而改變。常用鑑別器把雜訊(noise)濾掉。面板上 Threshold 旋鈕控制閾值，Width 旋鈕調整輸出邏輯訊號寬度。



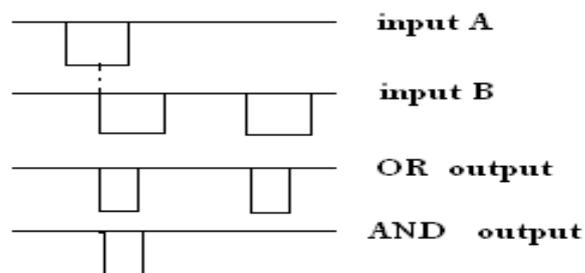
圖二十四、鑑別器的輸入與輸出

2.3 Coincidence Units



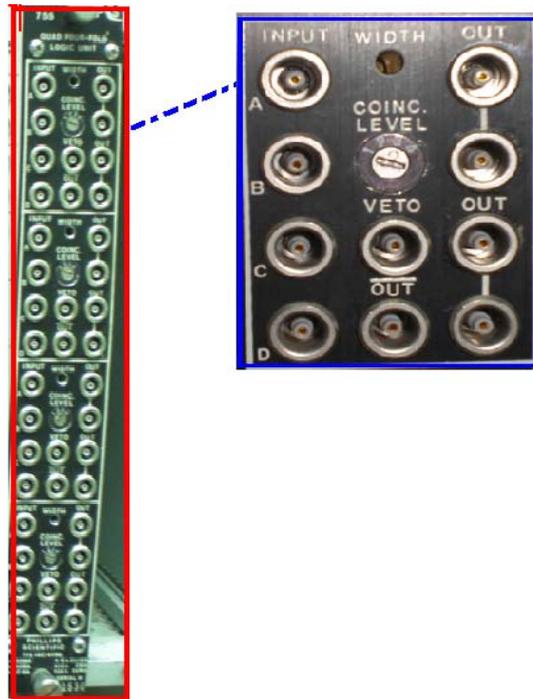
圖二十五、 Coincidence Unit

Coincidence Unit 有兩種模式:AND 和 OR。Coincidence Units 有兩個輸入孔，一個輸出孔。輸入訊號必須為邏輯訊號。若現在有兩個訊號輸入，使用在 AND 模式下，要兩個訊號同時出現，才會輸出一個邏輯訊號；使用在 OR 模式下，只要有一個訊號出現，就會輸出邏輯訊號。面板上有 Width 旋鈕可調整輸出邏輯訊號寬度。



圖二十六、Coincidence Units：AND 及 OR 模式下輸入及輸出

2.4 Majority Logic Unit

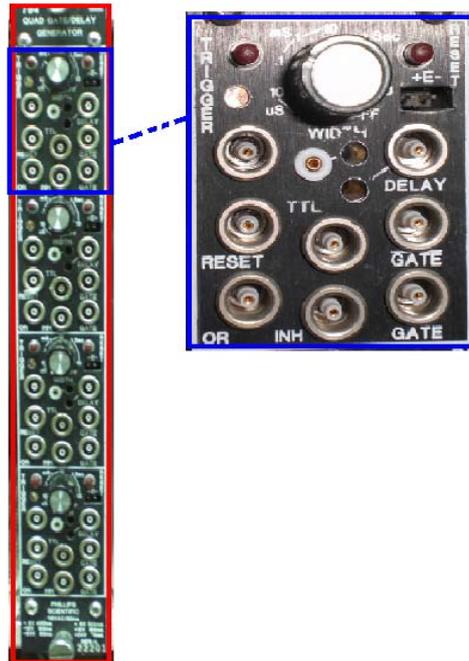


圖二十七、實驗使用的 Majority Logic Unit

Majority Logic Unit 是 Coincidence Units 的進階，變化度較 Coincidence Units 高。有多個輸入孔，一個輸出孔。可以藉由調整 Coincidence Level 旋鈕做出不同的邏輯訊號組合。若 Majority Logic Unit 有 m 個輸入孔，則就會有 m 個 Coincidence Level。只要有一個以上輸入孔輸入訊號，儀器就可使操作使用，輸入孔不必全部接滿，但必須輸入邏輯訊號。

若現在有一個四通道輸入的 Majority Logic Unit：A，B，C，D。現在 A、B、C 輸入訊號，若 Coincidence Level=1，則三個輸入訊號只要有一個出現，就會輸出一個邏輯訊號；若 Coincidence Level= 2，則三個輸入訊號只要有兩個訊號同時出現，就會輸出一個邏輯訊號；若 Coincidence Level=3，則三個訊號只要都必須同時出現，才會出現一個邏輯訊號。；若 Coincidence Level=4，不可能輸出邏輯訊號。由舉例可以知道，Coincidence Level= n ，則須任意 n 個通道做有訊號出現，才輸出邏輯訊號。若 Coincidence Level < 有輸入訊號的孔數，就是操作在 OR 模式下；若 Coincidence Level = 有輸入訊號的孔數，就是操作在 AND 模式下；若 Coincidence Level > 有輸入訊號的孔數，則不會有邏輯訊號輸出。

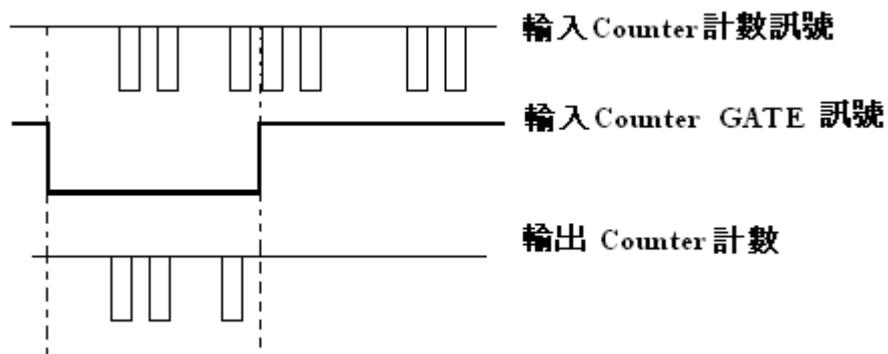
2.3 Gate Generator



圖二十八、實驗使用的 Gate Generator

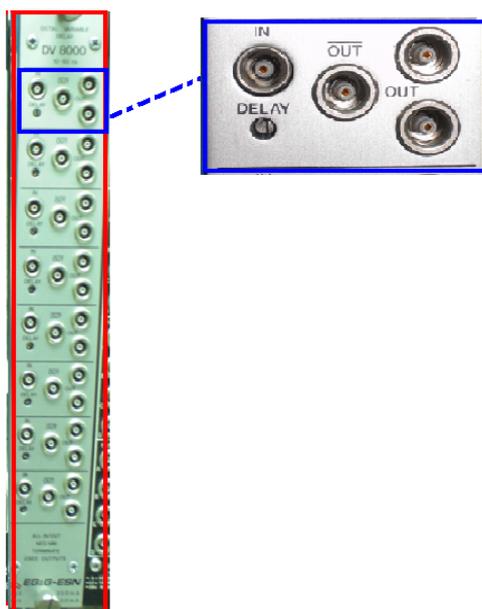
Gate Generator 若被訊號輸入觸發(trigger)，則會輸出一個邏輯訊號，這個訊號稱之為 Gate。可以利用面板上的 Width 旋鈕調整 Gate 寬度，用 Delay 旋鈕延遲 Gate 出現時間。通常 Gate 寬度範圍可以從幾奈秒(ns)到幾秒(s)之間。

GATE 可拿來當作時鐘(Timer)。常把想量測的訊號和 GATE 同時輸入計數器中，Gate 訊號會當作一個時間範圍，當 Gate 訊號結束時，量測也同時結束。



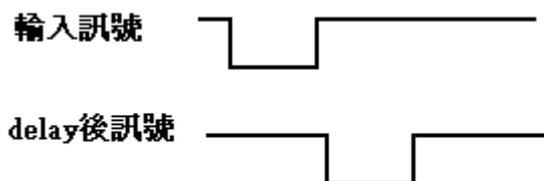
圖二十九、Gate 當 Timer，計數器只量測在 Gate 範圍內的訊號。

2.4 Delay Box



圖三十、實驗使用的 Delay Box

Delay Box 延遲訊號出現的時間。把訊號輸入 Delay Box，則會輸出一個時間延遲的訊號，延遲的時間長短可由面板的旋鈕設定。



圖三十一、Delay Box 延遲訊號

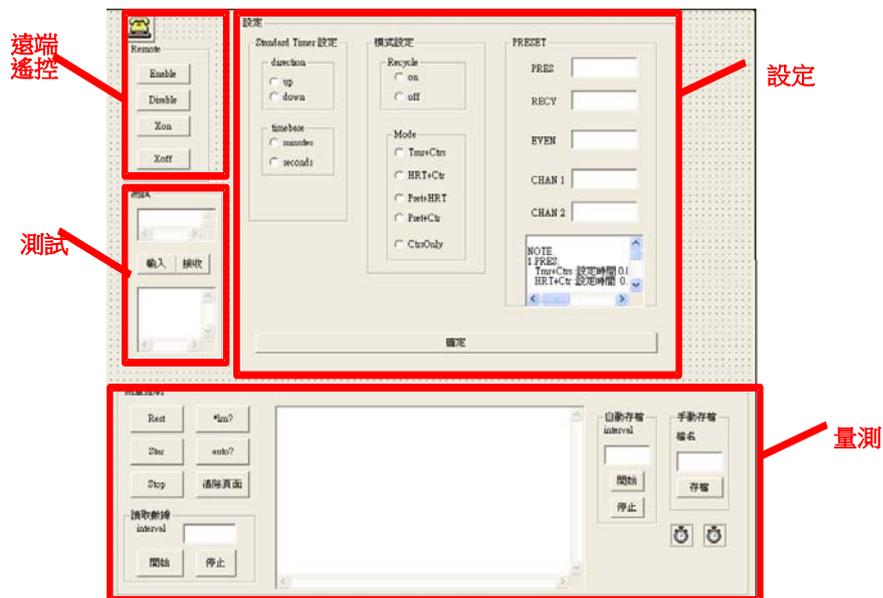
2.5 Dual Counter/Timer



圖三十二、 Dual Counter/Timer

一般的 Dual Counter/Timer 都有 Counter 和 Timer 兩種功能。Counter：測量在固定時間內所記到的事件數。Timer：測量固定的事件數所需花費的時間。有些 Dual Counter/Timer 對於輸入訊號有極性(polarity)和閾值(threshold)的設定，須注意。

實驗使用的 Dual Counter/Timer(之後都簡稱計數器)，它的功能強大，有六種模式(mode)，並且可寫程式由遠端操控。在這裏只介紹實驗需要用的三種模式。儀器的輸入頻率上限最高可到 250MHZ。若使用重複循環(Recycle)計測功能，循環和循環之間有 0.01 秒儀器對輸入沒反應，不會計數，這段時間稱為儀器的死亡時間(dead time)。圖三十三是用 Visual Basic 寫出的遠端遙控程式的介面，程式碼放在附錄一。



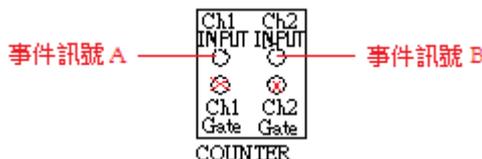
圖三十三、計數器的遠端操控介面

這台計數器有四個輸入孔，分別是 CH1 INPUT，CH1 GATE，CH2 INPUT，

CH2 GATE。INPUT 輸入事件訊號給儀器量測，GATE 輸入 GATE 訊號。

Tmr+Ctrs Mode

Standard Timer+Two Counters(Tmr+Ctrs Mode)，選擇這個模式是想要測量固定時間內的事件數。CH1 INPUT 和 CH2 INPUT 都可輸入事件訊號，兩個 GATE INPUT 孔都不能使用。CH1 和 CH2 都當作 Counter，量測設定時間內的事件數。



圖三十五、Tmr+Ctrs Mode

Pset+Ctr Mode

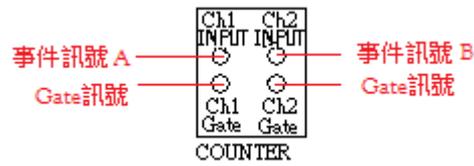
Preset Counter +High Resolution Interval Timer(Pset+Ctr Mode)，選擇這個模式是想要測量固定事件下所需花費的時間。CH1 當作 Preset Counter，可設定欲量測的事件數；CH2 當作 High Resolution Interval Timer，當時鐘。CH1 INPUT 輸入事件訊號，CH1 GATE 輸入 Gate 訊號；CH2 INPUT，CH2 GATE 不輸入訊號。當 CH1 有訊號輸入時，會開始計數，並驅動 CH2 開始計時。CH2 會量測時間直到 CH1 INPUT 輸入事件訊號到達設定的事件數為止，或到 CH1 Gate 訊號關閉為止。在此模式下，時間精確到 100(ns)。



圖三十六、Pset+Ctr Mode

Pset+Ctr Mode

Preset Counter+Counter(Pset+Ctr Mode)，選擇這個模式是想比較兩個通道所累積的事件數比。CH1 當作 Preset Counter，可設定欲量測的事件數；CH2 當作 Counter，不能做任何設定，只是進行比較。CH1 INPUT 輸入事件訊號，CH1 GATE 輸入 Gate 訊號；CH2 INPUT 輸入事件訊號，CH2 GATE 輸入 Gate 訊號。當 CH1 有訊號輸入時，會開始計數，並驅動 CH2 也開始計數。CH1 會量測事件直到 CH1 INPUT 輸入事件訊號到達設定的事件數為止，或到 CH1 Gate 訊號關閉為止；CH2 會量測事件直到 CH1 INPUT 輸入事件訊號到達設定的事件數為止，或到 CH2 Gate 訊號關閉為止。

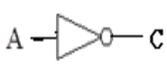
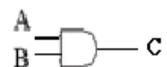
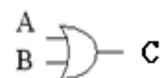


圖三十七、Pset+Ctr Mode

利用一個小技巧，在 Pset+Ctr 模式下也可以得到時間訊息。把欲得知時間訊息訊號輸入 CH1 INPUT；把已知頻率的訊號當作時鐘(Clock)輸入 CH2 INPUT。當計數器停止計數時，就可利用 CH2 事件得知整個計測花了多少時間。由於這台計數器的頻率上限為 250(Hz)，故時間精確度最高可到 4(ns)。

2.6 邏輯閘(logic gate)

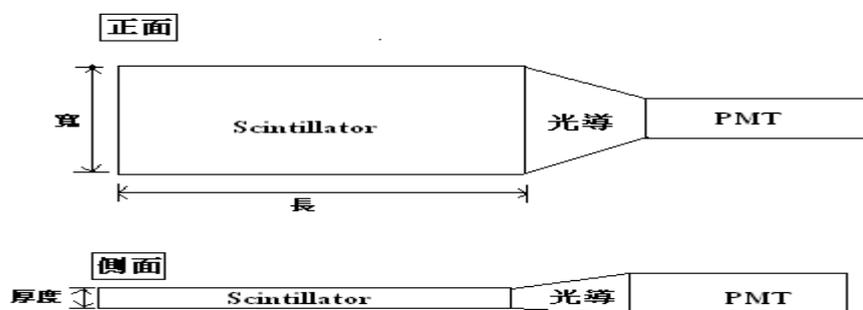
在進行實驗時，可以將訊號作邏輯訊號組合，判別一個物理事件是否發生，所以需要學習一些最基本的邏輯運算。數位系統中最基本的邏輯訊號判別就稱為邏輯閘(logic gate)，是最基本的邏輯運算。下表三個為實驗上所需用到的邏輯閘：

A、B=輸入邏輯閘的訊號。C=輸出邏輯閘的訊號 1=邏輯為1，事件發生。0=邏輯為0，事件沒發生。																						
邏輯閘	說明	符號	數學表示	真值表 (Truth table)																		
NOT	反閘:相反運算。 一個輸入端和一個輸出端。 輸出端永遠與輸入端相反。		$C = \bar{A}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">輸入端</th> <th>輸出端</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th></th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td></td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	輸入端		輸出端	A		C	0		1	1		0						
輸入端		輸出端																				
A		C																				
0		1																				
1		0																				
AND	及閘：及的運閘。 兩個以上的輸入端和一個輸出端。 當任何一個輸入端為邏輯0時，輸出端必為邏輯0，僅在輸入端全部為邏輯1時，輸出端才會為邏輯1。		$C = AB$	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">輸入端</th> <th>輸出端</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	輸入端		輸出端	A	B	C	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
輸入端		輸出端																				
A	B	C																				
0	0	0																				
0	1	0																				
1	0	0																				
1	1	1																				
OR	或閘：或的運算。 兩個以上的輸入端和一個輸出端，當任何一個輸入端為邏輯1時，輸出端必為邏輯1，僅在輸入端全部為邏輯0時，輸出端才會為邏輯0。		$C = A+B$	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">輸入端</th> <th>輸出端</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	輸入端		輸出端	A	B	C	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
輸入端		輸出端																				
A	B	C																				
0	0	0																				
0	1	1																				
1	0	1																				
1	1	1																				

表一、邏輯閘

四、研究過程及數據分析

實驗使用三台閃爍體偵測器，形狀相同，分別稱它們為 A、B、C。閃爍體材質為塑料閃爍體。



圖三十八、閃爍偵測器 A、B、C

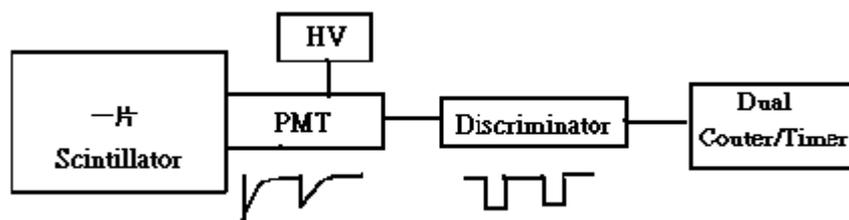
閃爍偵測器	長(cm)	寬(cm)	厚度(cm)	建議工作電壓(V)
A	40	22	1	-980
B	40	22	5.5	-800
C	40	22	1	-960

表二、Scintillator C1、C2、C3 規格

先量測偵測器的高原區，得到工作電壓後才能量測宇宙通量及沙子的生命週期。

1、閃爍偵測器的工作電壓量測

1.1 方法一：用一般方法量測



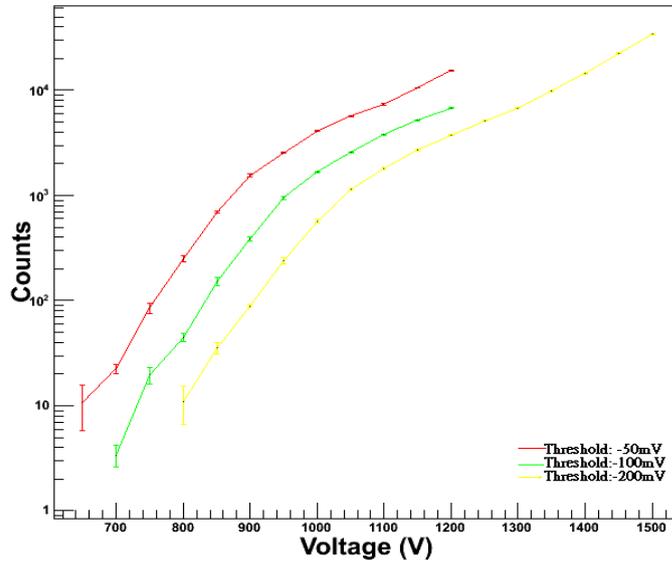
圖三十九、單一片閃爍偵測器測量偵測器的高原區

儀器架設入圖三十九，分別測量 A、B、C 在閾值=-50(mV),-100(mV),-200(mV)時，外加電壓和計數率關係。再由電壓與計數率關係圖，找出高原區範圍，在高原區上取工作電壓。

實驗時量測五次，每次一分鐘，再取平均。以下分別為 A、B、C 的結果：

閃爍偵測器 A

Pleatu of PMT A

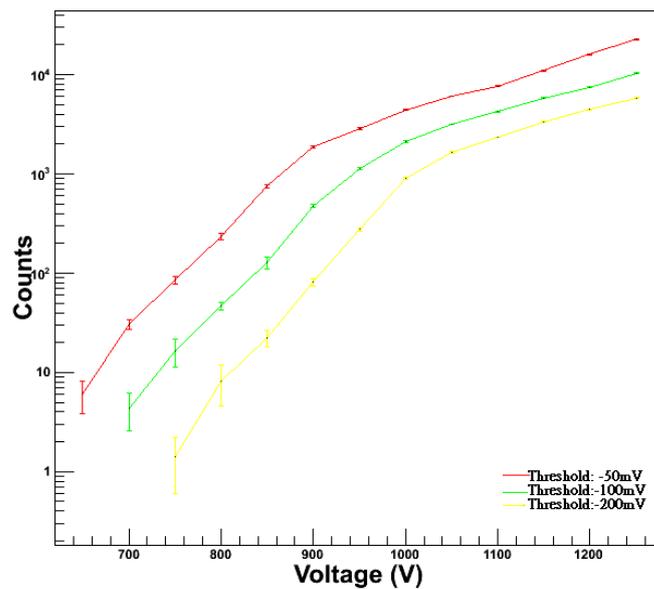


圖四十、偵測器 A 在不同閾值下，電壓與計數關係

由圖四十可知，A 高原區並不明顯，之後改採用方法二量測其高原區。數據在附錄二。

閃爍偵測器 C

Pleatu of PMT C



圖四十一、偵測器 C 在不同閾值下，電壓與計數率關係。

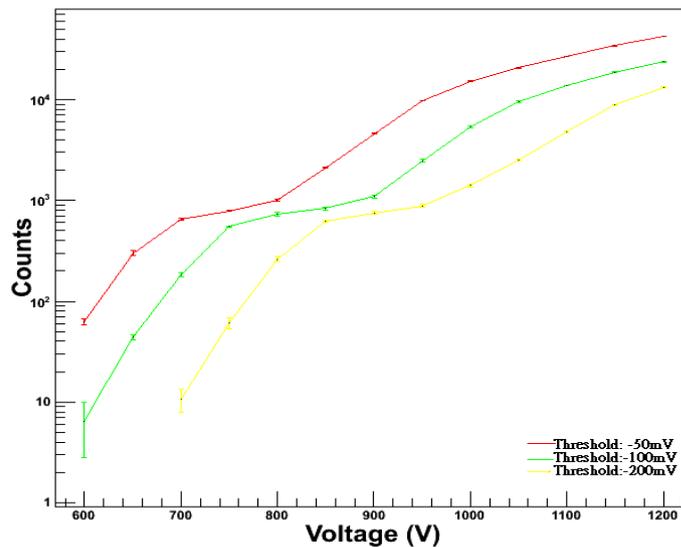
紅線，閾值=-50(mV)；綠線，閾值=-100(mV)；黃線，閾值=-200(mV)。由圖四十一可知，C 高原區並不明顯，之後採用方法二量測其高原區。數據在附錄二。

閃爍偵測器 B

不同閾值下的 Counts(1 min)			
負電壓(V)	-50(mV)	-100(mV)	-200(mV)
600	62.8	6.4	0.2
650	300.4	44	0.4
700	653.6	183.6	10.6
750	789.2	549.6	61.4
800	999.6	728.8	260.8
850	2104	831	620.2
900	4612.4	1097.6	751.4
950	9724.2	2483.8	885
1000	15246.4	5387.4	1409.6
1050	20778.4	9488.4	2520.8
1100	26664.6	13724.6	4816.4
1150	34222.4	18676.4	8805
1200	42349.4	23794.2	13245.2

表三、B 外加電壓和計數率關係

Pleatu of PMT B



圖四十二、B 外加電壓和計數率關係

紅線，閾值=-50(mV)；綠線，閾值=-100(mV)；黃線，閾值=-200(mV)。由圖四十二和表三可知偵測器 B 在不同閾值下，高原區範圍及工作電壓。

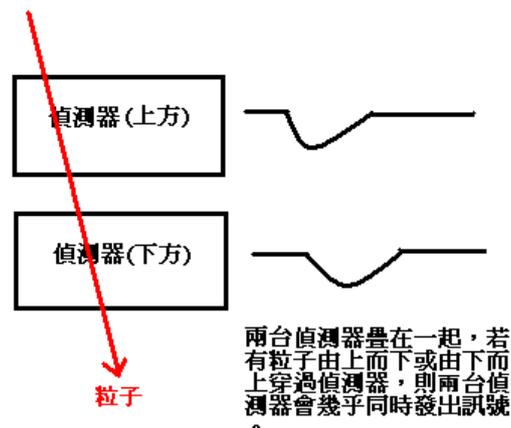
偵測器	閾值(mV)	高原區範圍(V)	工作電壓
B	-50	-700~800	-750
	-100	-750~900	-825
	-200	-850~1000	-925

表四、偵測器 B 在不同閾值下，高原區範圍及工作電壓

當閾值(threshold)越大時，高原區範圍並沒有明顯變窄，而是維持差不多的寬度往高壓的範圍移。

1.2 方法二：用 Coincidence 方法量測

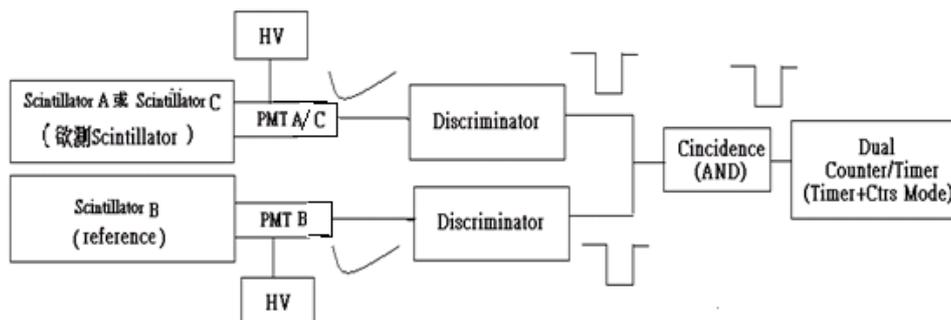
閃爍偵測器 A 和 C 接上高壓，計測其高原區，得到的曲線分布並不能很明顯的判別出高原區範圍，這是因為閃爍偵測器本身所放出的雜訊太多。為了使高原區較明顯，我們採用 Coincidence 的方法。



圖四十三、Coincidence 的方法概念

Coincidence 的有同時，同步的意思。若有粒子同時由上而下或由下而上穿過偵測器時，兩個偵測器都會發出訊號(這兩個訊號有時間差，但由於兩偵測器間距離很小且粒子行進速度很快，故時間差很小)，此時 Coincidence(AND)會發出一個邏輯訊號。若沒有粒子穿過，偵測器本身也會發出雜訊，但兩個偵測器同時發出雜訊的機率低，此時 Coincidence(AND)不會發出邏輯訊號。故使用 Coincidence 的方法偵測到的訊號，會減少雜訊。

把已知高原區的偵測器和未知的偵測器重疊放在一起。已知的偵測器當作參考(reference)，其工作電壓和閾值都固定不動，測量未知高原區的偵測器在固定閾值下，外加電壓和計數率關係。實驗儀器裝置如下：



圖四十四、使用 coincidence 測量偵測器的高原區儀器架設

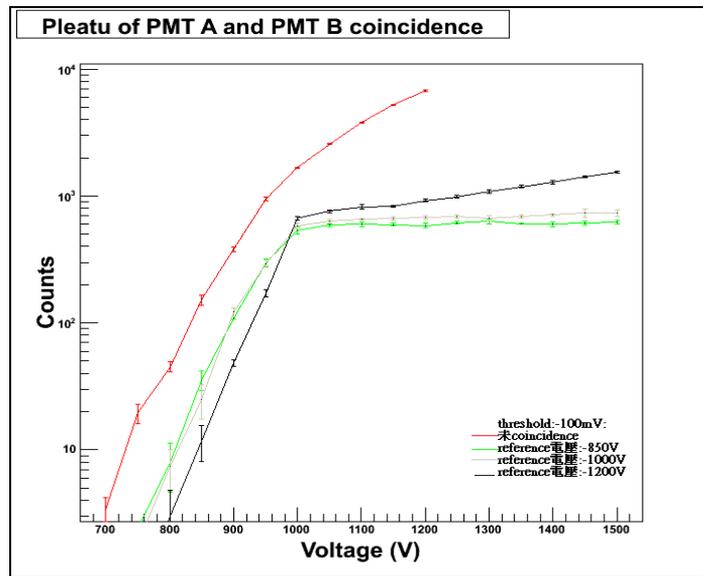
把偵測器 A 或偵測器 C 和閃爍偵測器 B 疊在一起，把偵測器 B 當作參考(reference)。固定參考偵測器 B 閾值=-100(mV)，改變不同的參考電壓=-850(V)，-1000(V)，-1200(V)，測量偵測器 A 的電壓對計數關係。計測五次後取平均，每次計測一分鐘。實驗結果如下：

閃爍偵測器 A

偵測器 A、B 閾值:-100mV			
偵測器 A 電壓 (負電壓)	在不同參考電壓下計數		
	參考 B 電 壓=-850(V)	參考 B 電壓 =-1000(V)	參考 B 電壓 =-1200(V)
700	0.2	0.2	
750	1.8	1.8	0.4
800	7.4	7.4	3
850	25	25	11.8
900	121.6	121.6	48.4
950	294	294	172.2
1000	587.2	587.2	670.8
1050	633.8	633.8	759.8
1100	652.4	652.4	819.6
1150	668	668	832.6
1200	678.6	678.6	921.8
1250	694	694	986
1300	666.2	666.2	1085.8
1350	688.6	688.6	1185.8
1400	712	712	1285.6
1450	732.8	732.8	1419.4

1500	734	734	1539.6
------	-----	-----	--------

表五、偵測器 A 在不同參考電壓下做 Coincidence 後，電壓和計數關係



圖四十五、偵測器 A 在不同參考電壓下做 Coincidence 後，電壓和計數關係

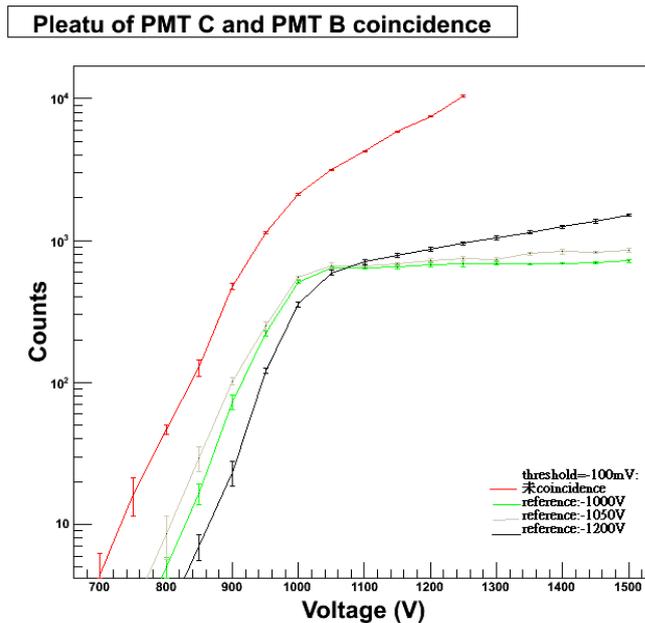
紅線，沒有做 Coincidence；綠線，有做 Coincidence，參考偵測器 B 電壓 = -850(V)；淺灰線，有做 Coincidence，參考偵測器 B 電壓 = -1000(V)；深灰線，有做 Coincidence，參考偵測器 B 電壓 = -1200(V)。

閃爍偵測器 C

偵測器 C、B 閾值:-100mV			
偵測器 C 電壓 (負電壓)	在不同參考電壓下計數		
	參考 B 電壓 = -850(V)	參考 B 電壓 = -1000(V)	參考 B 電壓 = -1200(V)
750	2.6	1.4	0.6
800	8.6	5	2.2
850	29.4	16.6	7
900	102.2	73	23.2
950	251.4	221.6	120.2
1000	549.2	510.4	355.4
1050	669.6	643	595.2
1100	669.2	641.6	708.8
1150	683.4	654.4	783.4
1200	727.8	675.4	863

1250	745.6	684.2	955.6
1300	738.2	690	1043.2
1350	807.8	684.6	1145
1400	834.6	692.2	1247.6
1450	830.8	698.2	1367.8
1500	850.8	719	1503.2

表六、偵測器 A 在不同參考電壓下做 Coincidence 後，電壓和計數關係



圖四十六、偵測器 A 在不同參考電壓下做 Coincidence 後，電壓和計數關係

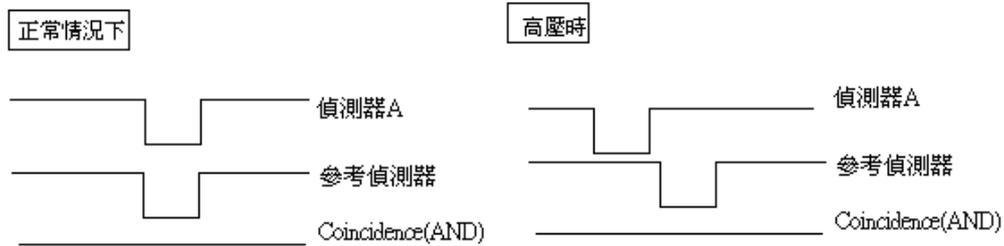
紅線，沒有做 Coincidence；綠線，有做 Coincidence，參考偵測器 B 電壓=-850(V)；淺灰線，有做 Coincidence，參考偵測器 B 電壓=-1000(V)；深灰線，有做 Coincidence，參考偵測器 B 電壓=-1200(V)。

偵測器 A 和偵測器 C 一起討論。由圖可知，由於平坦的部分太寬，看不出高原區的範圍，故工作電壓選取大約在高原區起點附近，不選更高電壓的原因是為了減少雜訊對計數的影響。紅色標記為高原區的起始點。在閾值=-100(mV)之下，偵測器 A 和偵測器 C 工作電壓都為=-1000(V)。

實驗發現，有做 Coincidence 的計數會比沒有做的計數低。Coincidence 後，高原區範圍變得很寬，只能看出高原區起點的位置，後面計數突增的範圍較看不出來，這是因為做 Coincidence 後，計數會被計數比較少的偵測器(參考偵測器 B)壓制。當參考工作電壓越高，其超越閾值的雜訊越多，導致 Coincidence 後計數越高，且高原區的斜率越大。

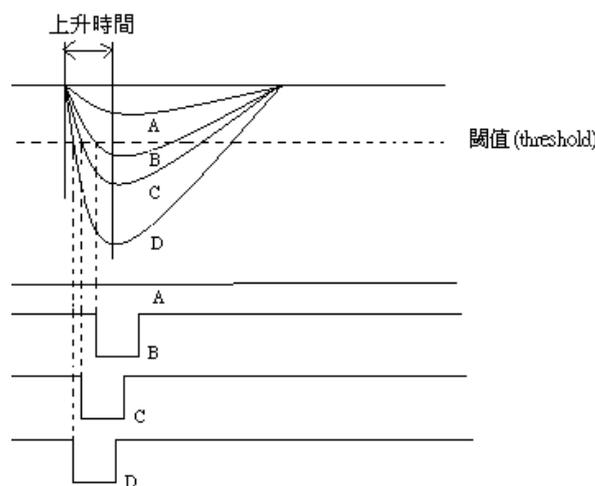
用 Coincidence 方法做實驗時，發現當偵測器 A 電壓到達較高壓的位置時，計數竟然降低，這個違反常理。用示波器觀察發現，當偵測器 A 電壓到達較高壓

時，相對於參考偵測器的訊號，偵測器 A 的訊號竟然提早出現，導致兩個訊號沒有重疊到。



圖四十七、在高壓情況下，偵測器 A 訊號提前出現，導致計數降低

這是因為當越高壓時，偵測器 A 的訊號放大倍率越大，經過鑑別器後，邏輯訊號就會提早輸出，如下圖？，故做實驗時就須隨時注意，並適時的把偵測器 A 訊號延遲，使兩個訊號有重疊到。



圖四十八、訊號放大倍率越大，邏輯訊號越早出現

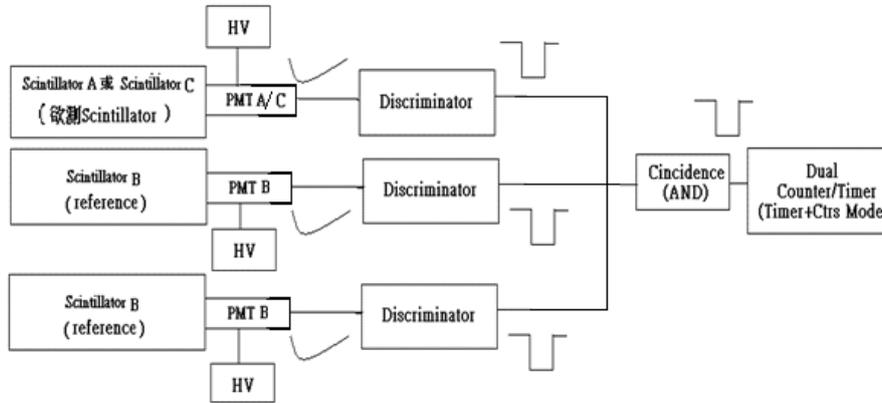
綜合這兩種量測方法後，之後的實驗宇宙射線量測及了子生命週期量測使用的工作電壓和閾值決定如下表。量測的工作電壓和儀器上建議的工作電壓差不多。

偵測器	閾值(mV)	量測工作電壓(V)	建議工作電壓(V)
A	-100	-1000	-980
B	-100	-850	-800
C	-100	-1000	-960

表七、偵測器，使用的工作電壓和閾值

2. 宇宙射線的量測

量測宇宙射線一樣適用 Coincidence 的方法，使用了三台偵測器做 Coincidence。儀器架設如下：



圖四十九、宇宙射線的量測儀器架設

量測時，各偵測器操作閾值=-100(mV)即其工作電壓下，每次測量一分鐘，共量測了 20 次後取平均。結果在偵測器截面積 $880(\text{cm}^2)$ 下，宇宙射線通量平均 =472.45/min。

前人的實驗結果是，在海平面上平均每分鐘每單位面積會量測到一顆宇宙射線。實驗用的偵測器截面積為 $880(\text{cm}^2)$ ，故照理論來說，實驗結果應為宇宙射線通量平均=880/min，但實驗做出來只有 472.45/min，只有將近一半。猜測原因有可能為：

- a. 宇宙射線被高樓大廈的鋼筋水泥擋住了。
- b. 鑑別器的閾值太高，導致宇宙射線訊號被濾掉。

3. 測量沙子平均生命週期

量測沙子的平均生命週期用了比較多種發法量測，故比較複雜，所以分成兩個部份敘述：3.1 量測想法，3.2 量測過程

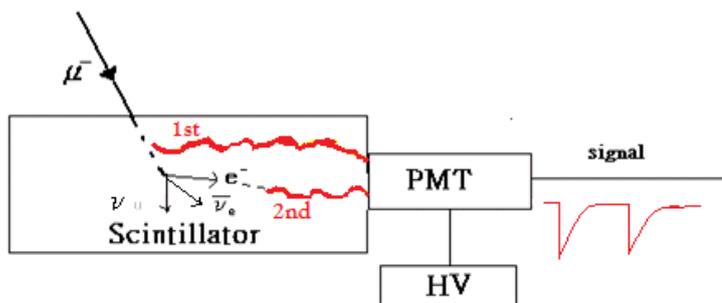
3.1 量測想法

(1) 沙子衰變和閃爍偵測器的作用：

並不是所有進入閃爍體的沙子都會衰變，有些沙子會直接穿過閃爍體。由於我們要測量的是沙子的生命期，故我們感興趣的是進入閃爍體且其中衰變的沙子。

沙子進入閃爍體後衰變，會發出兩個光訊號。沙子進入閃爍偵測器後，在閃爍體中和物質作用，逐漸減速然後停止，這個過程中會使閃爍體中的螢光物質被激發然後退激發出光子。這些光子進入光電倍增管後被放大，即測得第一個訊

號。 渺子靜止後，在很短的時間內經過弱作用力後衰變產生電子、為中子和反微中子。 由於電子的質量較渺子小很多($m_{\mu}/m_e \sim 210$)，故電子會帶有巨大的動能，這些電子在其行進的路徑上再去碰撞發光物質，發出第二個訊號。 這兩個訊號的時間差就是要量測的渺子生命期。 雖然微中子和反微中子也會帶有能量，但由於它們質量輕，又不帶電，故不受電磁作用力影響，不易量測。

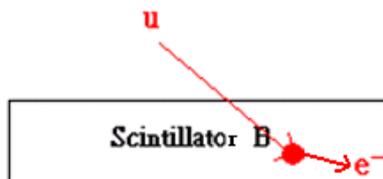


圖五十、渺子生命週期量測原理

(2)觸發狀況(trigger condition)

偵測器有兩種擺設方法，故有兩種觸發狀況。第一種狀況為使用一片閃爍偵測器，第二種狀況為使用三片閃爍偵測器。

觸發一：一片閃爍偵測器



圖五十一、用一片閃爍偵測器觸發

使用一片閃爍偵測器的想法很簡單。把偵測器輸訊號輸入計數器內，量測任兩個訊號的時間差。由於渺子的衰變時間很短，故以 10(us)為界，若時間差小於 10(us)則視為渺子衰變訊號。這個方法有個缺點，由於量測的是偵測器發出的任意兩個訊號，故有可能量到渺子穿過訊號、雜訊、、、等，意即可能量到時間差小於 10(us)的訊號，但卻非渺子衰變的訊號。

要使用一台閃爍偵測器做觸發前，需先計算雜訊是否會影響量測。以偵測器 A 為例：在閾值=-100(mV)，工作電壓=-1000(V)時，偵測器 A 發出的訊號數=1670/min，又由實驗得知的宇宙射線通量=472.45/min，把訊號數扣除宇宙射線數目得到的為偵測器發出的雜訊數目=1197.55/min= $3.33 \times 10^7/10\text{us}$ ，故在 10us 內量測到雜訊的機率 = $3.33 \times 10^{-5}\%$ 。

偵測器	閾值(mV)	工作電壓(V)	訊號數/min
A	-100	-1000	1670
B	-100	-850	831
C	-100	-1000	2120

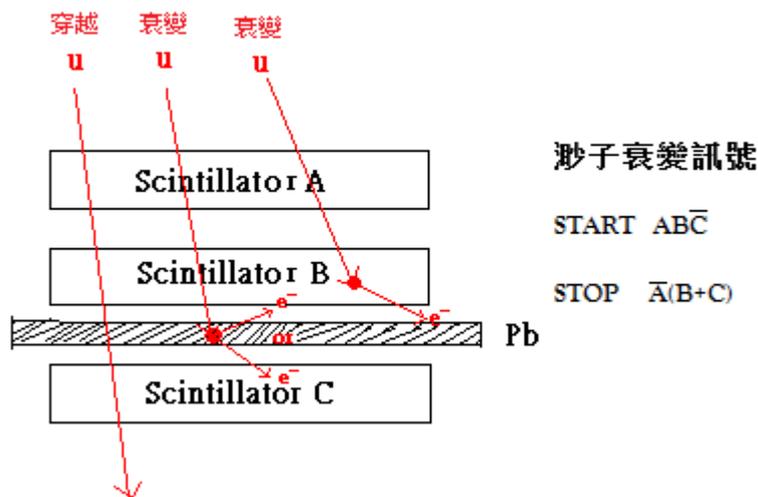
表格八、偵測器使用在工作電壓和閾值下訊號數(沒有 Coincidence)

偵測器	訊號數/min	宇宙射線/min	雜訊/min	雜訊/10us	機率/10us
A	1670	472.45	1197.55	3.33×10^{-7}	$3.33 \times 10^{-5}\%$
B	831	472.45	358.55	9.96×10^{-8}	$9.96 \times 10^{-6}\%$
C	2120	472.45	1647.55	4.58×10^{-7}	$4.58 \times 10^{-5}\%$

表格九、偵測器使用在工作電壓量測到雜訊機率

計算後發現，在偵測器 A、B、C 在 10(us)內量測到雜訊的機率大約為十萬分之一，故使用一台偵測器量測時可忽略雜訊。比較三台偵測器，發現雜訊數量 $B < A < C$ ，故使用一台偵測器做觸發時，使用雜訊較小的閃爍偵測器 B。

觸發二：三片閃爍偵測器



圖五十三、用三片閃爍偵測器觸發

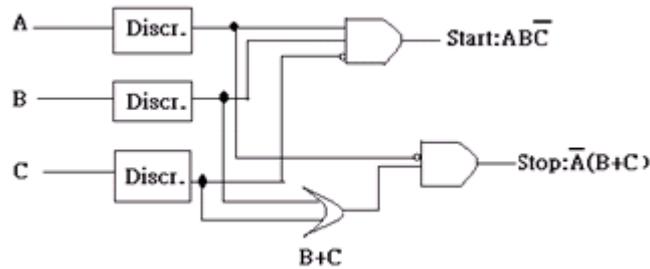
為了避免計到一堆不是渺子衰變的訊號，使用三片閃爍體作 Coincidence。當沒有衰變的渺子穿過時，A、B、C 三個偵測器都會發出訊號。

當渺子在 B 或 Pb 板衰變時，不會穿過 C，此時發出的第一個訊號稱為 Start 訊號：A、B 有訊號，C 沒有訊號。第二個訊號為電子撞及螢光物質發出，稱為 Stop 訊號，若渺子在 Pb 衰變，B 有訊號(電子向上跑)或 C 有訊號(電子向下跑)；若渺子在 B 衰變，則 A(電子向上跑)或 B(電子向下跑)有訊號。為了避免把渺子穿過

的訊號當渺子衰變訊號，Stop 要出現在 A 沒有發出訊號時。綜合以上，在 B 或 Pb 板衰變的渺子，Stop 訊號為：A 沒有訊號，B 或 C 有訊號。

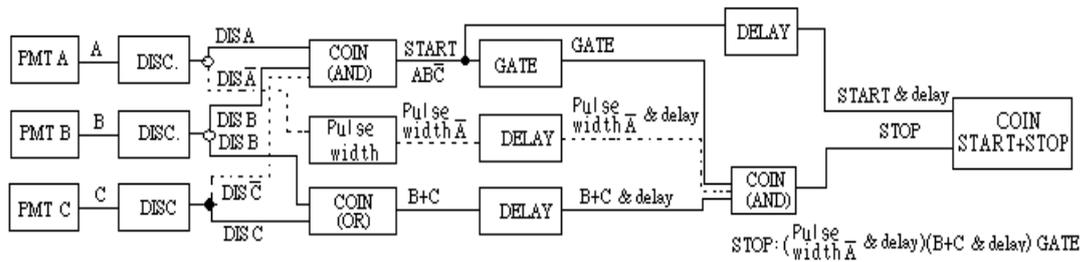
由實驗(量測有無鉛板的渺子衰變率 P.49)證明，有 Pb 板較沒 Pb 板每秒多衰變 0.1 顆渺子(在偵測器截面積=880(cm³)下)。這是由於 Pb 的阻擋能力較強，可使渺子減速。

三片偵測器架設想法如下：



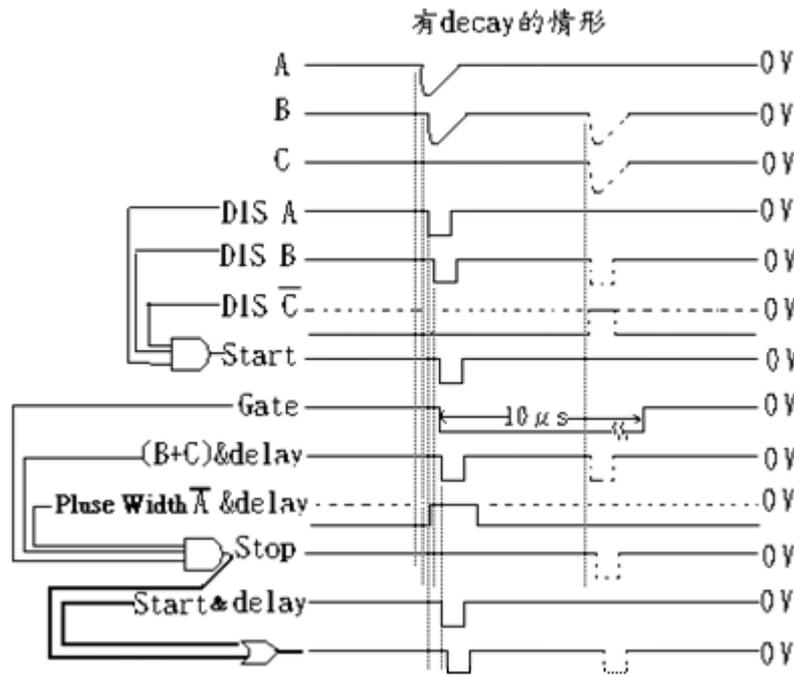
圖五十四、三台偵測器架設想法

但實驗時會牽涉到許多訊號延遲及訊號寬度的問題，故實際上三台偵測器的儀器的架設如下：



圖五十五、三台偵測器儀器架設

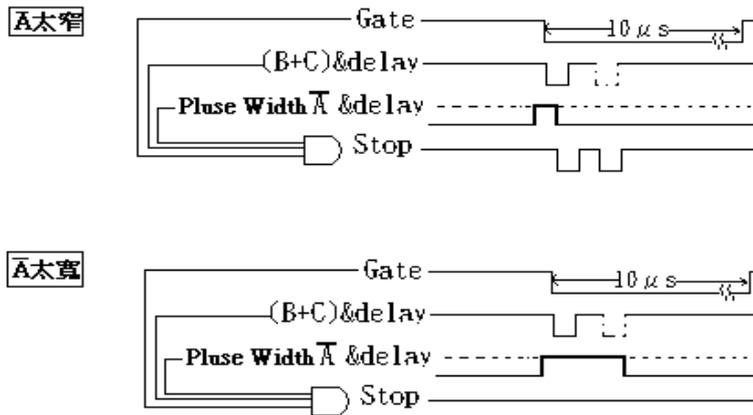
實線是 OUT 輸出，訊號符號上面沒有加橫槓；虛線是 \overline{OUT} 輸出，符號上面有加橫槓。三台偵測器的訊號如下：



圖五十六、三台偵測器訊號圖

偵測器 A、B、C 發出類比訊號，若有超過鑑別器設定的閾值，就會發出一個邏輯為 1 的邏輯訊號。之後把鑑別器輸出的訊號組合，作邏輯判別，看是否有渺子衰變。

若有渺子衰變，短時間會發出兩個訊號。第一個訊號 $Start = ABC$ (實線訊號)。第二個訊號本來應為 $Stop = \bar{A}(B+C)$ ，但由於實驗上的需要中間多接了 delay box、調整訊號寬度的儀器(pulse width)和 Gate，來修正 Stop 訊號。修正後， $Stop = (Pulse\ width\ \bar{A} \ \&\ delay)(B+C \ \&\ delay)(Gate)$ ，是由(Pulse width \bar{A})、(B+C & delay)、(Gate)這三個訊號去做 Coincidence(AND)的結果。以下是為什麼要這樣修正 Stop 訊號的原因：(1) Gate：拿 Start 去觸發一個 Gate，和原本的 Stop 訊號去做 Coincidence(AND)，這樣更可以確定渺子有衰變。(2) (B+C & delay)：把(B+C)訊號延遲，這是由於線路關係，Start 開的 Gate 會比 Start 延遲，故把(B+C)訊號延遲和 Gate 同時發生。(3) (Pulse width \bar{A} & delay)：偵測器發出的訊號振幅有大有小，(B+C)和 \bar{A} 的相對位置會飄移不定(即訊號延遲時間不固定，會有微小變化)。不論是渺子衰變的 Start 或 Stop 訊號，(B+C)都會發出訊號，若 Start 訊號由於飄移關係超出了 \bar{A} 訊號，則會變成 Stop 的訊號，造成假的計數，這對實驗有很大的影響，故要調整 \bar{A} 的寬度。只要把 \bar{A} 輸入有 Width 旋鈕儀器即可調整訊號寬度(Pulse Width)。須注意 \bar{A} 寬度的調整十分重要，若 \bar{A} 訊號調的太窄，Start 會變成 Stop 的訊號，造成假的計數；若 \bar{A} 的訊號太寬，則不會有 Stop 訊號，造成訊號漏失。



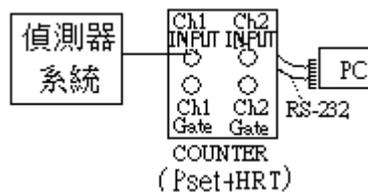
圖五十七、 \bar{A} 寬度對 Stop 訊號的影響

(3)取數方法

使用計數器兩種的模式取數，再搭配儀器連接的設計，共有三種取數法，從取數法一到取數法三是實驗設計的再改良。取數法一：時間精確到 100(ns)；取數法二：時間精確到 10(ns)；取數法三：時間精確到 10(ns)且取數速度增加。

取數法一：時間精確到 100(ns)

使用 Pset+HRT Mode，把偵測器發出的訊號直接輸入計數器，測量任兩個訊號之間時間差。在這個模式下，時間精準度只能到 100(ns)。



圖五十八、取數法一儀器接法

優點：(1)想法和儀器架設很簡單，可以很容易理解。

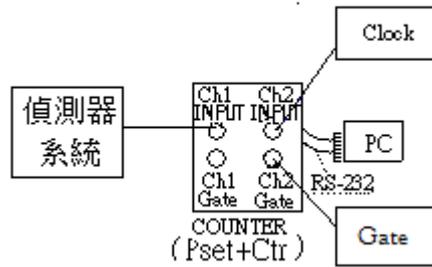
缺點：(1)由於沒加任何濾雜訊的防護措施，需要好一點的偵測器進行量測。

(2)時間只精確到 0.1(us)，不夠精細，可使用 clock 方法改良(取數法二)。

(3)每次都要等到收集到兩個訊號才能進行下一次的測量，取數的速度太慢，可用開 Gate 方法改良(取數法三)。

取數法二：時間精確到 10(nS)

使用 Pset+Ctr Mode，把偵測器發出的訊號輸入 CH1 INPUT；把 100MHz(一個訊號花費 10(ns))的訊號當作時鐘(Clock)輸入 CH2 INPUT。當計數器停止計數時，利用 CH2 事件數乘以 10(ns)，就可以知道整個計測花了多少時間。把 10(us)的 Gate 訊號輸入 CH2 Gate，把大於 10(us)的計數先剔除



圖五十九、取數法二儀器接法

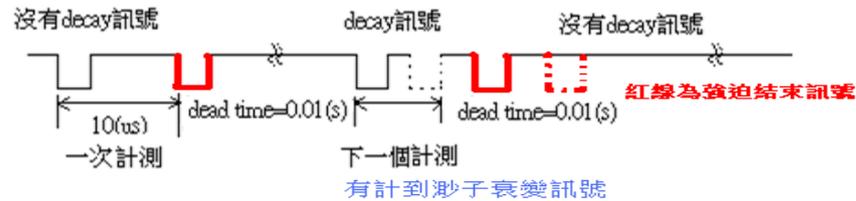
取數法二改良了取數法一時間不夠精確的缺點。

取數法三：時間精確到 10(ns)且取數速度增加

不做強迫結束訊號



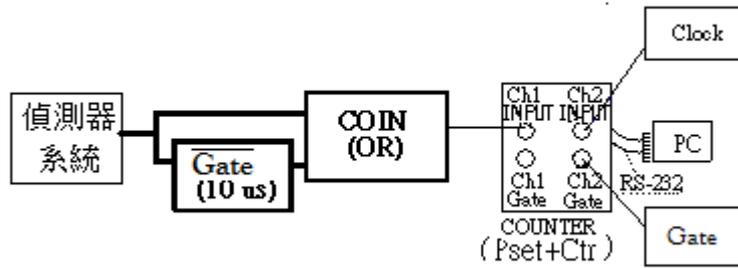
在 10(us) 後做一個強迫結束訊號



圖六十、製造強迫結束訊號可加快取數的速度

前面兩個取數法都是等到計數器計到偵測器送過來的兩個訊號後才會結束一次的計測，這種取數方法不僅取數的速度很慢且較容易漏失沙子衰變的訊號。

為了加快取數的速度，想在訊號出現的 10us 之後多製造一個強迫結束，使一次的計測提早結束，準備下次的計測。用圖六十一方法製造強迫結束訊號，詳細細節之後再討論。



圖六十一、用 10(us)寬的 \overline{Gate} 訊號去做 Coincidence 製造強迫結束訊號

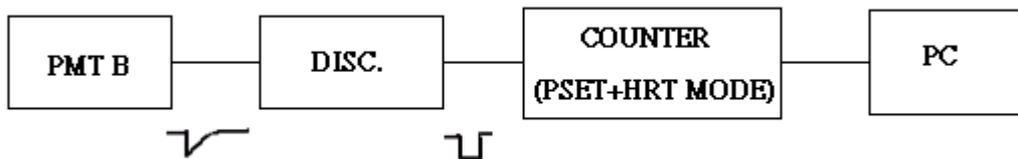
3.2 量測過程

(1)取數法一：時間精確到 100(ns)

取數法一做了兩種觸發，三台偵測器及一台偵測器的系統都有量測。

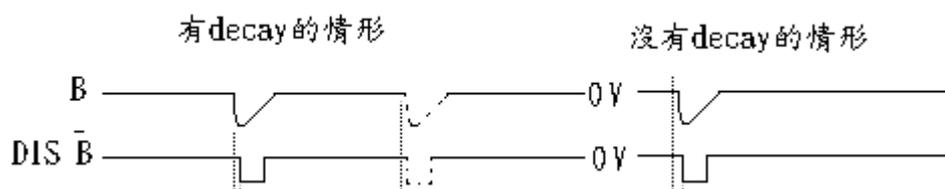
觸發一：一台偵測器

用偵測器 B 來測，因為它的雜訊較少。儀器架設如下：



圖六十二、取數法一+觸發一實驗裝置

輸出訊號如下：



圖六十三、取數法一+觸發一訊號圖

當有渺子衰變時，偵測器會在短時間內發出兩個訊號。經過鑑別器後，發出兩個邏輯訊號，因為訊號多經過了鑑別器，所以時間會延遲一點，但由於兩個訊號延遲的時間一樣，故不影響量測。計數器在 Pset+HRT 模式下，量測兩訊號間的時間差。

當渺子沒有衰變時，只會發出一個訊號。把訊號輸進計數器後，計數器會等到下一個訊號再進來時才把一次的量測結束，記下這段時間，通常段時間會較 muon 衰變訊號長很多。以 10(us)做為判別，當時間間隔小於 10(us)才當作是渺子

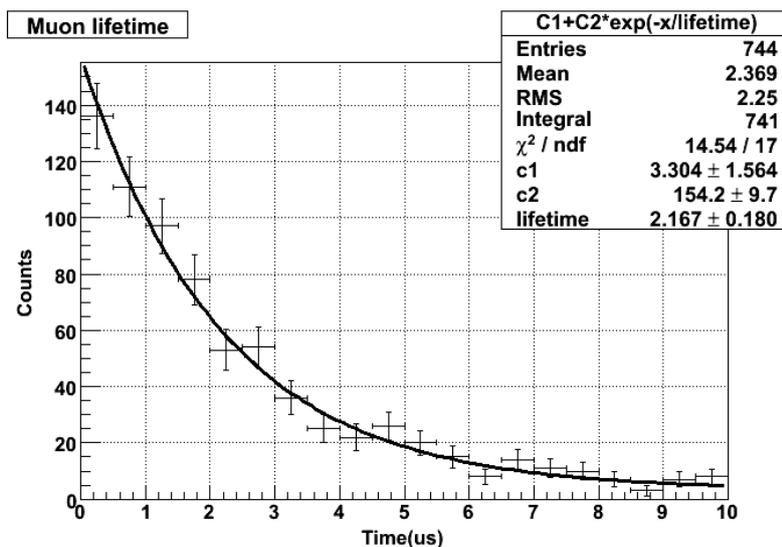
衰變的訊號。

讀取數據後，儀器送回電腦的據形式如下：

```
事件序號;ch1;時間;ch2;事件
1;0;0.0045126S;1;1
2;0;0.0347140S;1;1
3;0;0.0009206S;1;1
4;0;0.0092375S;1;1
5;0;0.0044027S;1;1
6;0;0.0009751S;1;1
7;0;0.0481756S;1;1
8;0;0.0011484S;1;1
9;0;0.0088257S;1;1
```

圖六十四、計數器送回的數據格式

把需要的資料(時間那一欄)用 Visual Basic 寫的程式(程式碼在附錄三)讀取出來，留下時間小於0.00001(s)=10(us)的資料後，使用 root 作圖(程式碼在附錄四)。以 0.5(us)間距，將時間差分為 0~0.5(us)，0.5~1.0(us)，1.0~1.5(us)，、、、9.5~10.0(us)，等二十個區間。將數據分入這二十個區間中，作出時間與粒子數的關係圖。



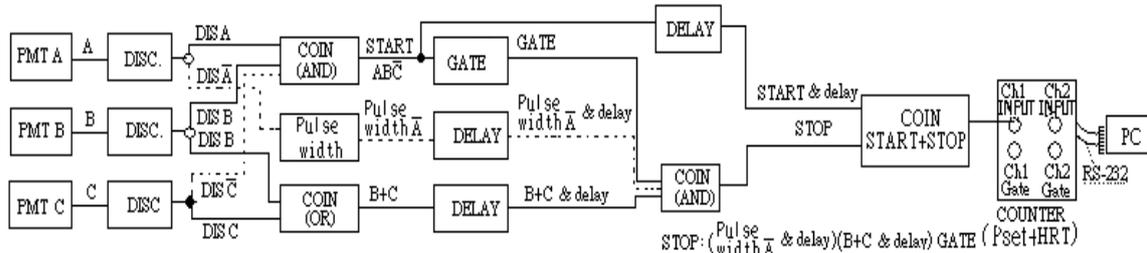
圖六十五、取數法一+觸發時間與計數的關係圖

量測了 24 個小時，共計測到 744 個渺子衰變，Fitting 的關係式 $C1+C2*\exp(-x/\text{lifetime})$ 的係數各有代表的意義。C1：計數軸(y 軸)的平移量，表示雜訊所帶來的誤差。實驗會量測到時間差小於 10(us)但不是渺子衰變發出的雜訊，但這些訊號是隨機的，故會平均分布在各個時間區間內。C2：時間軸(x 軸)的平移量：由於實驗並非理想狀態，故不可能是漂亮的 exp 曲線，在時間軸上會有平移量。lifetime：渺子的平均生命週期。由於 lifetime 是由曲線的趨勢決定，故平移量 C1 和 C2 並不會影響它。

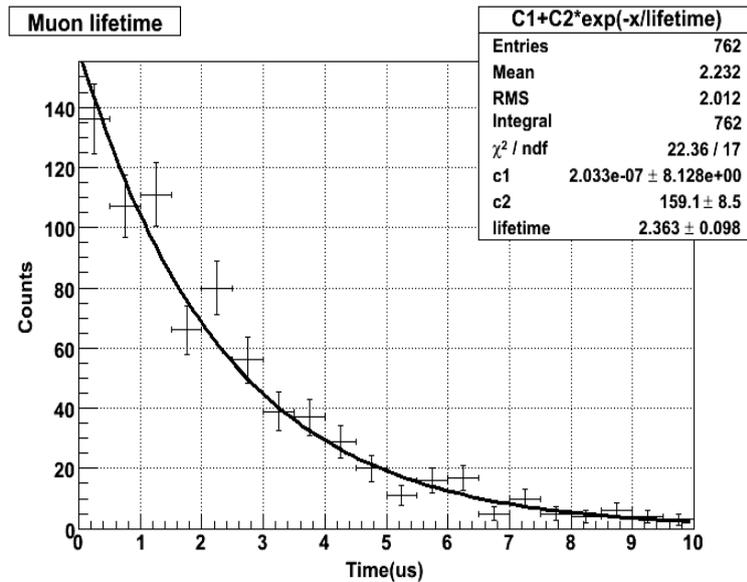
觸發二：三台偵測器

把三片偵測器發出的訊號輸入計數器，在 Pset+HRT Mode 下，測量兩個訊號之間時間差。在這個模式下，時間精準度只能到 100 (ns)。

實驗儀器架設如下：



圖?、取數法一+觸發二儀器架設



圖六十六、取數法一+觸發二時間與計數的關係圖

量測了 24 個小時，共計測到 762 個渺子衰變，平均一分鐘有 0.53 個渺子衰變。結果得 $\text{lifetime} = 2.363 \pm 0.098$ ， $\chi^2 / \text{ndf} = 22.36 / 17 = 1.315$ 。

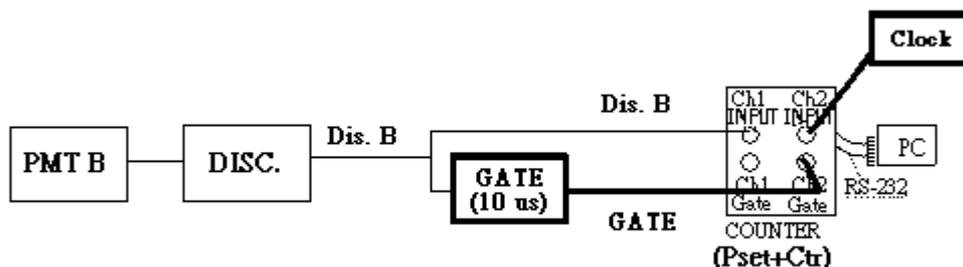
(2)取數法二：時間精確到 10(us)

取數法二做了兩種觸發，三台偵測器及一台偵測器的系統都有量測。

觸發一：一台偵測器

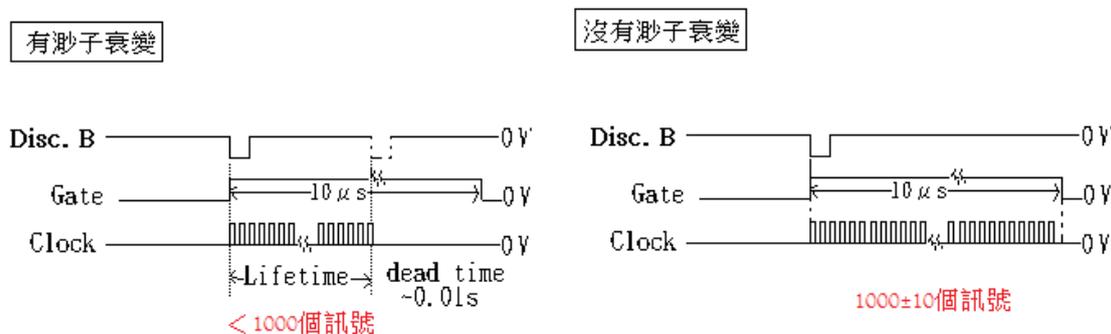
將一片偵測器輸出的訊號輸入 CH1 INPUT，100 MHz 的訊號輸入 CH 2 INPUT，10(us)的 Gate 輸入 CH 2 GATE。這樣設計，時間精準度可到 10(ns)，精準

度高了一位數。儀器裝置如下：



圖六十七、取數法二+觸發一裝置圖

粗線的部分是和取數法一相比，多接的線路。輸出訊號圖如下：



圖六十八、取數法二+觸發一訊號圖

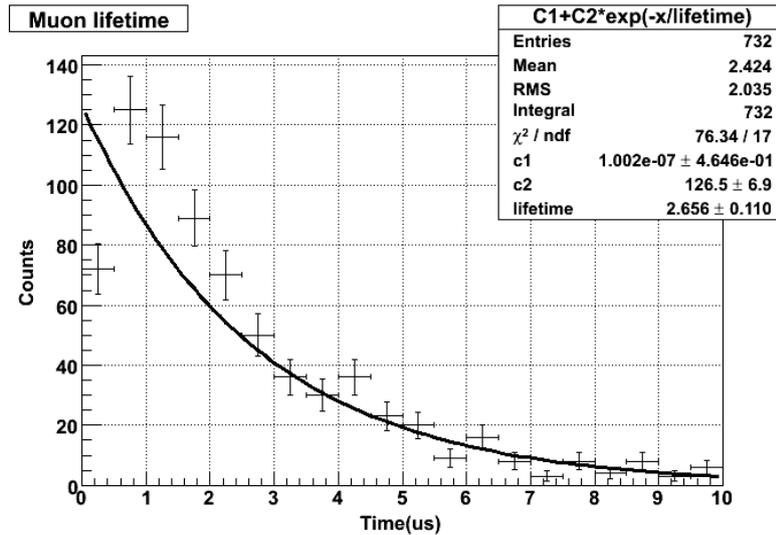
因為 Clock 是 100MHZ 的訊號，故在 10(us)內量測到的訊號數為 1000 個。若為渺子衰變的訊號則事件數會小於 1000。由於有開 Gate，若不是衰變訊號，事件數最多也只會量測到 1000±10(不會恰好量到 1000 會有為量誤差。)。把 CH 2 的計數乘以 10(ns)就是量測所需花費的時間。

事件序號；ch1,事件；ch2,事件

8549	1,1	2,1000
8550	1,1	2,197
8551	1,1	2,1001
8552	1,1	2,1000
8553	1,1	2,999
8554	1,1	2,999

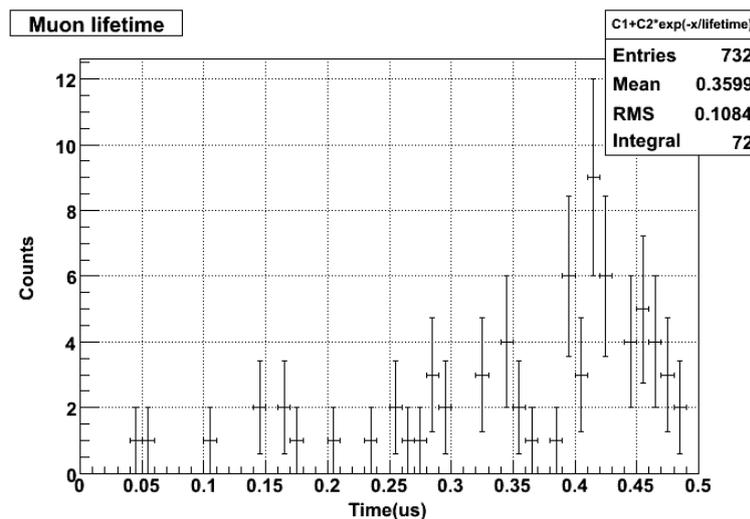
圖六十九、計數器送回的數據格式

量測結果如下：



圖七十、取數法二+觸發一結果

由圖發現，把 0~0.5(us)區間的點太少，故把此區間獨立出來看：



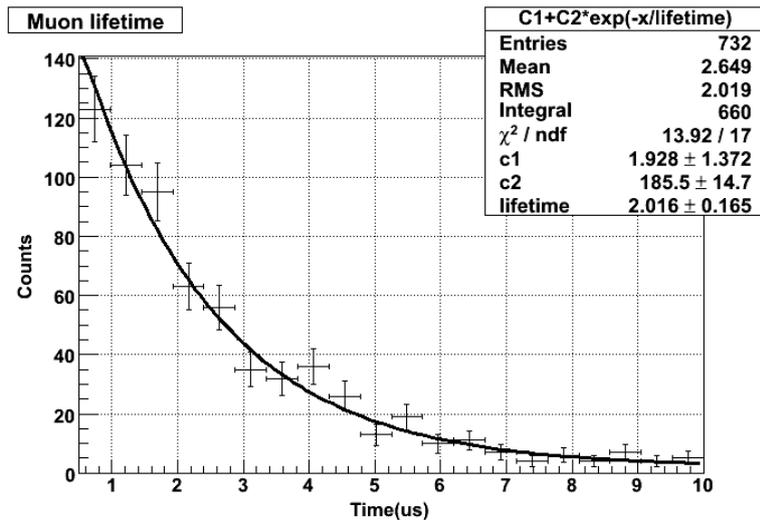
圖七十一、取數法二+觸發一 0~0.5(us)區間數據分布

發現 0~0.4(us)數據點太少，代表衰變時間短的數據紀錄到的很少。檢查線路後發現原來是鑑別器壞掉 Width 旋鈕壞掉，使輸出訊號變得很寬。若訊號變得很寬，則在訊號時間內衰變的第二個訊號就沒辦法計測到（如下圖所示），導致 0~0.5(us)區間的點變的太少。



圖七十二、鑑別器輸出訊號變寬造成 0~0.4(us)的計數變低。

由於數據只有 0~0.5(us)區間有問題，大於 0.5(us)後的趨勢並沒有問題，故 0~0.5(us)區間不取後再作圖，結果如下：

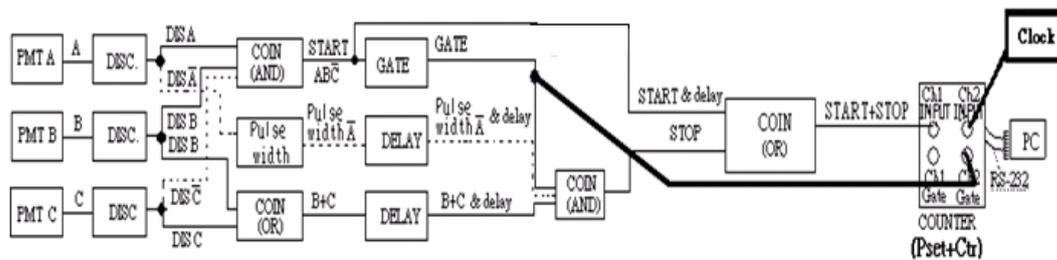


圖七十三、**取數法二+觸發一** 0~0.5(us)區間不取的結果

整個數據的趨勢分部和預測一樣，為 exp 分布。結果量測了 33 個小時，共計測到 732 個渺子衰變，平均一分鐘有 0.37 個渺子衰變。結果得 lifetime=2.016±0.165， $\chi^2 / \text{ndf}=13.92/17=0.819$ 。

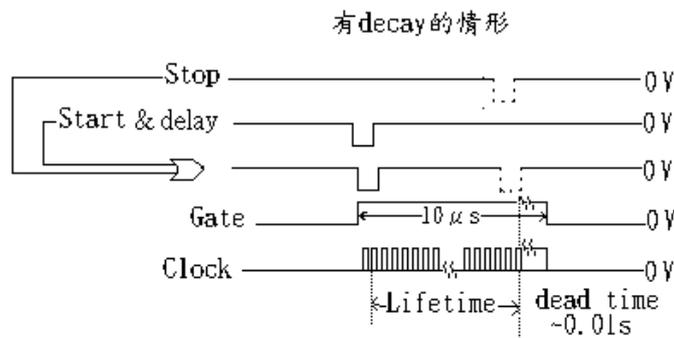
觸發二：三台偵測器

把一片偵測器換成三片偵測器，儀器架設如下：



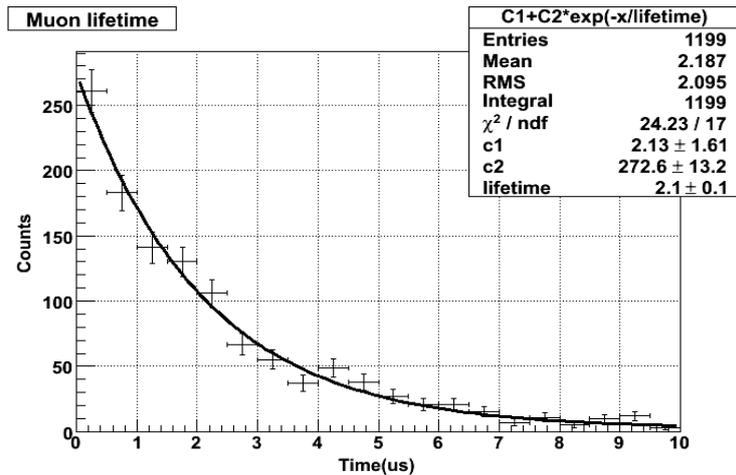
圖七十四、**取數法二+觸發二**裝置圖

訊號圖如下：



圖七十五、**取數法二+觸發二**訊號圖

結果如下：

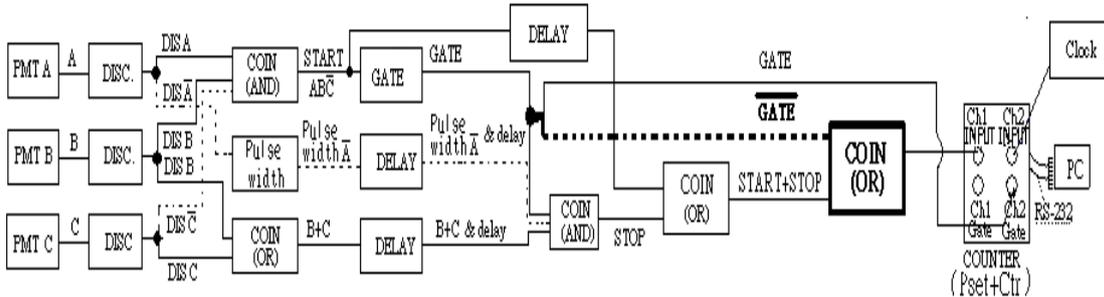


圖七十六、取數法二+觸發二實驗結果

量測了 38 個小時，共計測到 1199 個渺子衰變，平均一分鐘有 0.53 個渺子衰變。結果得 lifetime= 2.1 ± 0.1 ， $X^2 / \text{ndf} = 24.23 / 17 = 1.43$ 。

(3)取數法三：時間精確到 10(ns)且取數速度增加

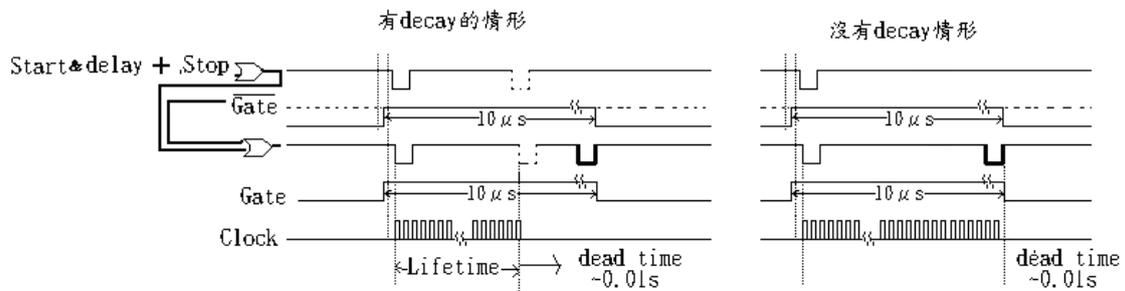
這個取數法只有使用三台偵測器做量測。實驗裝置如下：



圖七十七、取數法三裝置圖

粗線的部份是為了製造強迫結束訊號多接的裝置。

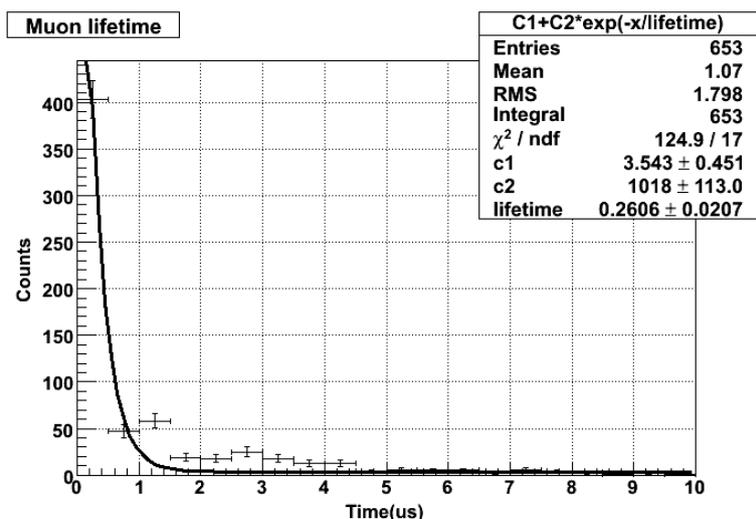
訊號圖如下：



圖七十八、取數法三訊號圖

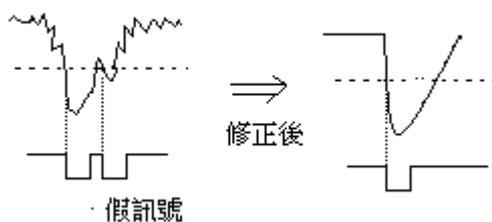
粗的線為強迫結束訊號。Start 和 Stop 前面的訊號與前面的取數法相同就不

詳述了，這邊著重是假訊號怎麼出來的。利用 Start&delay 的訊號去觸發一個寬度為 10 us 的 \overline{Gate} ，再把 Start&delay +Stop 和 \overline{Gate} 去做 Coincidence(OR)。觀察示波器發現，只要有一個 0(V) \rightarrow -1(V)的邊緣進入 Coincidence(OR)，就會發出一個邏輯 1 的訊號，故在 Start&delay +Stop 的 10(us)後會有一個強迫結束訊號訊號。有渺子衰變的情形中，計數器計到衰變的兩個訊號，強迫結束訊號會出現在計數器的死亡時間內，不會造成事件的順序錯亂。在沒有渺子衰變的情形中，計數器計到的是粒子穿過的訊號(或雜訊)及強迫結束訊號的時間差，會在 10(us)左右。實驗後量測 6 小時以後，檢查數據作圖，結果發現：



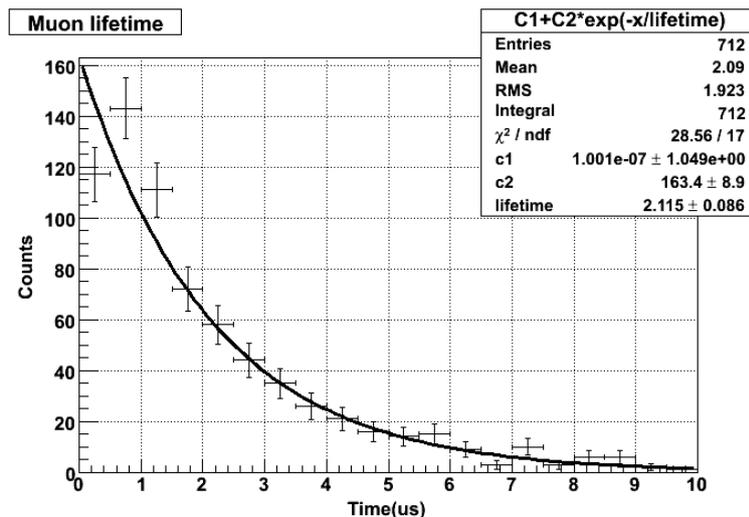
圖七十九、取數法第一次嘗試結果

發現 0~0.5(us)區間的數據太多，檢查線路，發現是有一條 NIM 線有問題，會使訊號雜亂，造成假訊號，見下圖：



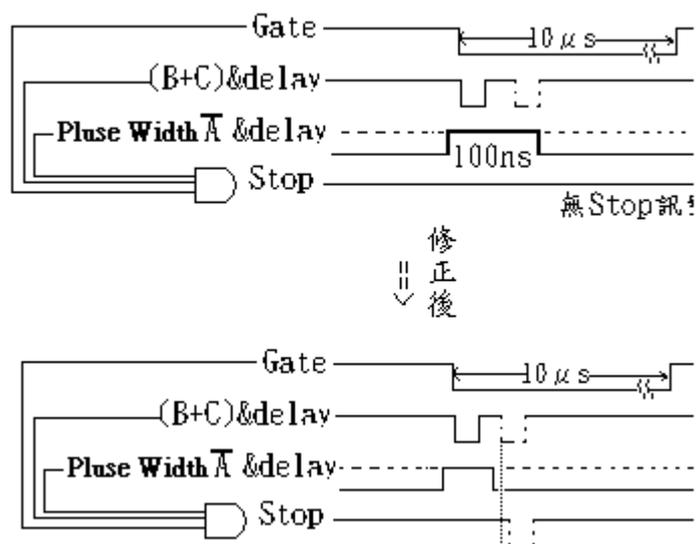
圖八十、NIM 線造成訊號雜亂，造成假訊號

換一條線後，這個問題就解決了。再重新取數，在過了 12 小時之後，檢查數據作圖，結果如下：



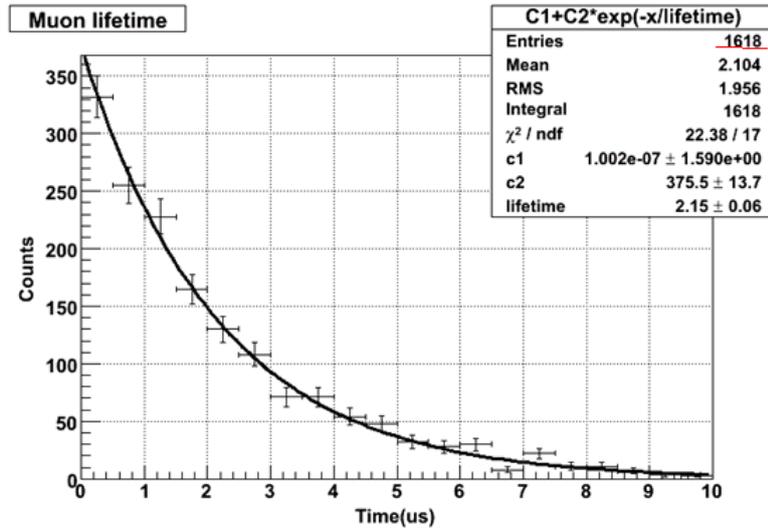
圖八十一、取數法三第二次嘗試結果

結果發現，0~0.5(us)區間下去了，代表短時間衰變訊號沒辦法數到，故再一次檢查線路，又發問題。原來是 \bar{A} 調太寬，導致在很短時間進來的訊號無法量測到。



圖八十二、 \bar{A} 訊號調太寬，導致在很短時間進來的訊號無法量測到

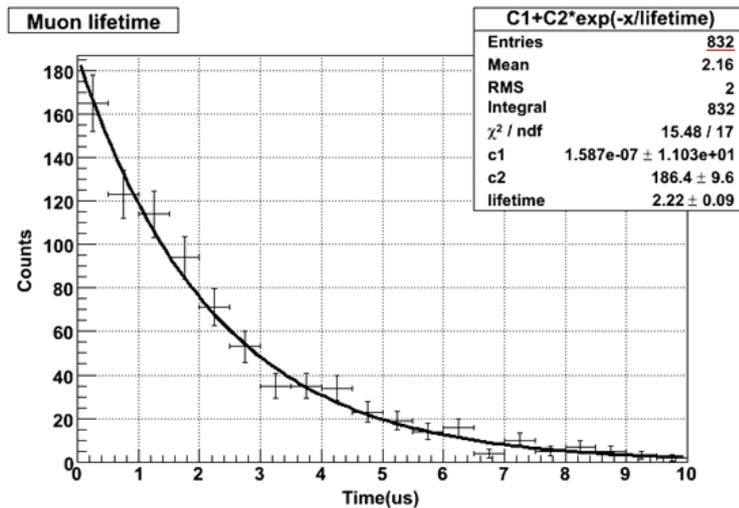
修正後，再重新取數，結果如下：



圖八十三、取數法三結果

量測了 25 個小時，共計測到 1618 個渺子衰變，平均一分鐘有 1.02 個渺子衰變。結果得 $\text{lifetime}=2.15\pm 0.06$ ， $\chi^2/\text{ndf}=22.38/17=1.316$ 。

在做這組取數法時(有做強迫結束訊號)時，也同時做取數法二(沒有做強迫結束訊號)，對照是否真的取數速率較快，下圖是取數法二的結果：



圖八十四、取數法二+觸發二的結果

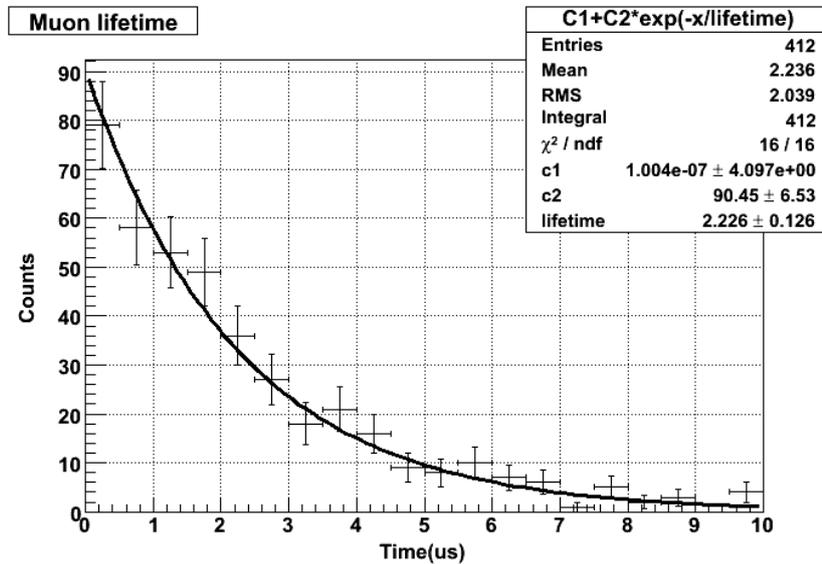
量測了 25 個小時，共計測到 832 個渺子衰變，平均一分鐘有 0.58 個渺子衰變。

比較兩個取數法，發現如預期的一樣，取數法三(有做強迫結束訊號)的取數速率比較快，而且數據點幾乎是兩倍。

(4)量測放鉛片與沒放鉛片渺子的衰變率

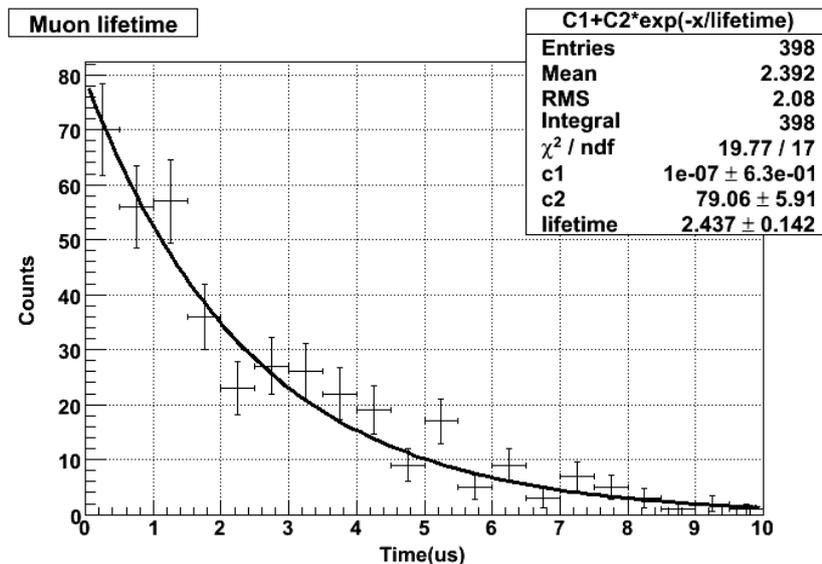
量測有放鉛片和沒放鉛片渺子的衰變率，採用取數法一的方法(時間精確到 100(ns))。這個良測試為了要印證放鉛片的衰變率較大，取數速度較快。

有放鉛片實驗結果：



圖八十五、有放鉛片結果

量測了 15 個小時，共計測到 412 個渺子衰變，平均一分鐘有 0.46 個渺子衰變。
沒放鉛片實驗結果：



圖八十六、沒放鉛片結果

量測了 15 個小時，共計測到 398 個渺子衰變，平均一分鐘有 0.44 個渺子衰變。

發現，有放鉛片比沒放鉛片每分鐘多衰變 0.2 渺子，故放鉛片可增加取數速率。

五、研究結果整理

把所做的實驗結果再做重新整理。

1、閃爍偵測器的工作電壓

量測閃爍偵測器工作電壓，此後的實驗都用下表的閾值及電壓。

偵測器	閾值(mV)	量測工作電壓(V)
A	-100	-1000
B	-100	-850
C	-100	-1000

表十、偵測器，使用的工作電壓和閾值

2、宇宙射線通量

使用了三台偵測器做 Coincidence。在偵測器截面積 $880(\text{cm}^2)$ 下，宇宙射線通量平均=472.45/min。

3、渺子生命期

量測渺子的生命期，使用了三種取數法搭配兩種觸發方法，得到結果如下表：

方法		渺子衰變個數/min	X^2/ndf	渺子平均生命期(us)
取數法一 (時間精確到 100ns)	觸發一 (一台偵測器)	0.52	0.855	2.167 ± 0.180
	觸發二 (三台偵測器)	0.53	1.315	2.363 ± 0.098
取數法二 (時間精確到 10ns)	觸發一 (一台偵測器)	0.37	0.819	2.016 ± 0.165
	觸發二 (三台偵測器)	0.53	1.43	2.1 ± 0.1
取數法三 (加強迫結束訊號)		1.02	1.316	2.15 ± 0.06
前人量測渺子生命期~2.19(us)				

表十一、渺子平均生命期量測實驗結果

實驗後可發現：

- 使用觸發二(三台偵測器)，取數速度較快。
- 取數法三(有加強迫結束訊號)，取數速度較快。
- 渺子的平均生命期考慮誤差後都符合前人的量測。

六、參考資料

- 1、<http://www.jlab.org/~cecire/muonlife.html>
- 2、<http://www.pma.caltech.edu/~ph77/labs/exp15.pdf>
- 3、http://www.pha.jhu.edu/courses/173_308/Muon/TeachSpinMuon.pdf
- 4、http://mail.dali.tcc.edu.tw/~tech/units/unit2_5.html
- 4、W.R. Leo, "Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments", 2nd ed, Springer-verlag, New York(1992).
- 5、吳治華，趙國慶，陸福全，許志正，吳松茂，齊卉荃，朱勝江，沈能學，陳間，和吳名枋，核物理實驗方法，第三版，原子能出版社，北京(1994).

七、附錄

附錄一：為了遠端遙控 Dual Counter/Timer，用 VB 寫的程式碼

```
Dim i As Integer
```

```
Private Sub Command10_Click()
```

```
'開始讀據鐘
```

```
Timer1.Enabled = True
```

```
Timer1.interval = Text6.Text
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command11_Click()
```

```
'停止讀數據
```

```
Timer1.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
MSComm1.Output = "clea;"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
```

```
MSComm1.Output = "star;"
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
```

```
MSComm1.Output = "stop;"
```

```
End Sub
```

```

Private Sub Command6_Click()
Text3.Text = ""
MSComm1.Output = Chr(4)
MSComm1.Output = "evts 0;"
MSComm1.Output = "auto?" + vbCr
End Sub
Private Sub Command8_Click()
Text3.Text = ""
End Sub

Private Sub Form_Load()
MSComm1.PortOpen = True
End Sub

'Private Sub Form_Unload()
'MSComm1.Output = Chr(18)
'End Sub

Private Sub Disable_Click()
MSComm1.Output = Chr(18) '= go to local
End Sub

Private Sub Enable_Click()
MSComm1.Output = Chr(20)
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
Text3.Text = Text3.Text & MSComm1.input
'text 跳行 = vbcr + vblf
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
a = ".\haga" & Year(Date) & "_" & Month(Date) & "_" & Day(Date) & "_" &
Hour(Time) & "_" & ".txt"
Open a For Append As #1
Print #1, Text3.Text
Close #1

```

'清除頁面
'清除記憶體
'事件數歸零

'利用 Print 敘述把資料寫出去

```
Text3.Text = " "  
End Sub
```

```
Private Sub Xoff_Click()  
MSComm1.Output = Chr(19)  
End Sub
```

```
Private Sub Xon_Click()  
MSComm1.Output = Chr(17)  
End Sub
```

```
Private Sub Set_Click()  
'set clock  
If Option1.Value And Option4.Value Then  
MSComm1.Output = "mode 0,0;"  
ElseIf Option1.Value And Option3.Value Then  
MSComm1.Output = "mode 0,1;"  
ElseIf Option2.Value And Option4.Value Then  
MSComm1.Output = "mode 0,2;"  
ElseIf Option2.Value And Option3.Value Then  
MSComm1.Output = "mode 0,3;"  
Else  
Print ""  
End If
```

```
'set mode  
If Option5.Value And Option7.Value Then  
MSComm1.Output = "mode 1,9;"  
ElseIf Option5.Value And Option8.Value Then  
MSComm1.Output = "mode 1,10;"  
ElseIf Option5.Value And Option9.Value Then  
MSComm1.Output = "mode 1,11;"  
ElseIf Option5.Value And Option10.Value Then  
MSComm1.Output = "mode 1,12;"  
ElseIf Option5.Value And Option11.Value Then  
MSComm1.Output = "mode 1,13;"  
ElseIf Option6.Value And Option7.Value Then  
MSComm1.Output = "mode 1,1;"
```

```

ElseIf Option6.Value And Option8.Value Then
MSComm1.Output = "mode 1,2;"
ElseIf Option6.Value And Option9.Value Then
MSComm1.Output = "mode 1,3;"
ElseIf Option6.Value And Option10.Value Then
MSComm1.Output = "mode 1,4;"
ElseIf Option6.Value And Option11.Value Then
MSComm1.Output = "mode 1,5;"
Else
Print " "
End If

```

```

'preset
evens = "even" & " " & even.Text & ";"           'even=?;
recyr = "recy" & " " & recy.Text & ";"           'recy=?;
press = "pres" & " " & pres.Text & ";"           'pres=?;
chan1c = "chan" & " " & "1" & "," & chan1.Text & ";"   'chan=1,?;
chan2c = "chan" & " " & "2" & "," & chan2.Text & ";"   'chan=2,?;
MSComm1.Output = evens & recyr & press & chan1c & chan2c
End Sub

```

```

Private Sub input_Click()
MSComm1.Output = Text1.Text + vbCr
End Sub

```

```

Private Sub accept_Click()
Text2.Text = Text2.Text + MSComm1.input
End Sub

```

```

Private Sub Command1_Click()
MSComm1.Output = "*lrn?" + vbCr
Text3.Text = Text3.Text + MSComm1.input
End Sub

```

```

Private Sub Command9_Click()
'手動存檔
a = ".haga/" & Text5.Text & ".txt"
Open a For Output As #1

```

```
Print #1, Text3.Text
資料寫出去
Close #1
End Sub
```

'利用 Print 敘述把

```
Private Sub Command5_Click()
'自動存檔開始
Timer2.Enabled = True
Timer2.interval = Text8.Text
End Sub
```

```
Private Sub Command7_Click()
'自動存檔停止
Timer2.Enabled = False
'別忘了把最後一組數據存起來
a = ".haga" & Year(Date) & "_" & Month(Date) & "_" & Day(Date) & "_" &
Hour(Time) & "_" & "final" & ".txt" '檔名可變動
Open a For Output As #1
Print #1, Text3.Text '利用 Print 敘述把資料寫出去
Print #1, " 結束時間=" & Date & Time
Close #1
Timer2.Enabled = False
End Sub
```

附錄二：使用方法一測量閃爍偵測器高原區數據

閃爍偵測器 A

電壓(V)	不同閾值下的 Counts(1 min)		
	-50(mV)	-100(mV)	-200(mV)
650	10.8		
700	22.4	3.4	
750	85.6	19.6	
800	251.4	45	11
850	696.2	151.2	35.6
900	1554.2	383.6	89.2
950	2553.6	949.4	239.6
1000	4107.2	1670	571
1050	5674.2	2571.2	1150
1100	7385.8	3805.6	1813.6

1150	10629.4	5209.4	2714.6
1200	15467.2	6759.4	3727.4
1250			5150
1300			6794.2
1350			9808.8
1400			14384.4
1450			22546
1500			34224.6

閃爍偵測器 C

電壓(V)	不同閾值下的 Counts(1 min)		
	-50(mV)	-100(mV)	-200(mV)
650	6	1.2	0
700	30.6	4.4	0.2
750	85	16.4	1.4
800	234.8	46.6	8.2
850	750.6	127.4	22.4
900	1876.2	475.4	81.6
950	2870.4	1132.4	276
1000	4417.6	2120.8	906.6
1050	6038	3152.2	1660.4
1100	7644	4244.6	2339.4
1150	11012.2	5846.4	3368
1200	16045.2	7490	4484.2
1250	22681.8	10340	5840.2

附錄三：用 Visual Basic 寫的程式讀取 Raw Data

```

Private Sub Command1_Click()
Dim a(1000000)
Dim file
Dim hr
Dim day
Dim i
Dim j
Dim b
i = 0
j = 0

```

```

day = 16
'hr = 20
For hr = 0 To 9

file = "C:\Documents and Settings\ipas\桌面\謝佳諭\haga\" & "2009" & "_" & "8" &
 "_" & day & "_" & hr & "_" & ".txt"
Print file
Open file For Input As #1      ' 打開文件。
Open "C:\Documents and Settings\ipas\桌面\謝佳諭\haga\9_CyGate_3P.txt" For
Append As #2

Do While Not EOF(1)          ' 迴圈至文件尾。
Input #1, a(i)              ' 讀入一行資料並將其賦予某變數。
'b = Val(a(i)) - 1
Print a(i)
'Print #2, a(i)
'If a(i) <= 0.00001 And a(i) > 0 Then
If i > 4 Then
    If 2 < a(i) And a(i) < 990 And b <> a(i - 3) And b <> a(i - 4) Then
        Print #2, a(i)      ' 在調試視窗中顯示資料。
        j = j + 1
    End If
End If
i = i + 1
Loop
Close #1                    ' 關閉文件
Close #2
Next hr

Print j

End Sub

```

附錄四：在 Linux 系統下用 C++寫 ROOT 做圖

```
void MLT_UBO {
```

```

const Int_t n=20;
double double_n=n;
Double_t number[n],x[n],sumx[n],avex[n],sumsqx[n],ex[n],ey[n];
Double_t data,datad[3000];
double initial=0,sep=0,range=10,large=0,small=0,temp=0,bin=20;
int j=0;

sep=sep+range/double_n;
// cout<<initial<<","<<sep<<endl;

TH1F* h1=new TH1F("C1+C2*exp(-x/lifetime)","h1",bin,initial,range);
//ifstream fin( "1_NoGate_1P_C3.txt" );
//ifstream fin( "2_TryGate_1P_C1.txt" );
// ifstream fin( "3_D's_Gate_3P.txt" );
//ifstream fin( "4_D's_Gate_1P.txt" );
// ifstream fin( "5_D's_Gate_3P.txt" );
//ifstream fin( "6_D's+SY's_Gate_3P_try1.txt" );
//ifstream fin( "6_D's+SY's_Gate_3P_try2.txt" );
// ifstream fin( "6_D's+SY's_Gate_3P_try3.txt" );
//ifstream fin( "7_NoGate_1P.txt" );
//ifstream fin( "8_NoGate_3P.txt" );
//ifstream fin( "9_CyGate_3P_Clock.txt" );
//ifstream fin( "10_CyGate_3P_PsetHRT.txt" );
//ifstream fin("11_DGate_NoPb.txt" );
// ifstream fin("12_DGate_Pb.txt" );
//ifstream fin("13_NoGate_3P.txt" );
ifstream fin("14_NoGate_1P.txt" );
//ifstream fin("15_CyGate_Delay10us.txt" );
// ifstream fin("16_CyGate_Delay15us.txt" );
//ifstream fin( "aaa.txt" );
while(!fin.eof()){
    fin>>data;
    //datad[j]=data*10.0/1000.0;
    datad[j]=data*1000000;
    h1->Fill(datad[j]);
    cout<<j<<","<<datad[j]<<endl;
    j=j+1;
}

```

```

}
fin.close();

TF1 *f1=new TF1("f1","[0]+[1]*exp(-x/[2])",initial,range);
f1->SetParName(0,"c1");
f1->SetParName(1,"c2");
f1->SetParName(2,"lifetime");
f1->SetParLimits(2,0.0000001,1000000);
f1->SetParLimits(0,0.0000001,1000000);
// f1->SetParName(3,"const4");

TCanvas *c2 = new TCanvas("c2","Muon Life Time",200,10,700,500);
c2->SetGrid();
c2->GetFrame()->SetBorderSize(30);

h1->SetTitle("Muon lifetime");
h1->GetXaxis()->SetTitle("Time(us) ");
h1->GetYaxis()->SetTitle("Counts ");
h1->GetXaxis()->CenterTitle(true);
h1->GetYaxis()->CenterTitle(true);
h1->GetXaxis()->SetTitleSize(0.04);
h1->GetXaxis()->SetLabelSize(0.04);
h1->GetXaxis()->SetTitleOffset(1.1);
h1->GetYaxis()->SetTitleSize(0.04);
h1->GetYaxis()->SetLabelSize(0.04);
h1->GetYaxis()->SetTitleOffset(1.1);
h1->Fit("f1", "", "", initial, range);
h1->Draw("E1");
c2->Update();
// c2->Print("6_D's+SY's_Gate_3P_try2_His.eps");
c2->Print("14.gif");
// c2->Print("try.eps");

for(int i=0;i<n;i++){
    ey[i]=0.1;
}

```

```

number[i]=0;
sumx[i]=0;
sumsqx[i]=0;
//cout<<x[i]<<number[i]<<sumx[i]<<sumsqx[i]<<endl;
}

```

```

for(int i=0;i<n;i++){
    large=(initial+(i+1)*sep);
    small=(initial+i)*sep);
    //cout<<large<<","<<small<<endl;
    for(int k=0;k<=j;k++){
        // cout<<k<<","<<datad[k]<<endl;
        temp=datad[k];
        if (small<temp && temp<=large){
            number[i]=number[i]+1;
            sumx[i]=sumx[i]+temp;
            //cout<<number[i]<<","<<sumx[i]<<endl;
            //cout<<"ok"<<endl;
        }
        else{
            number[i]=number[i]+0;
        }
    }
}

```

```

//number[i]= number[i]+1;
//cout<<number[i]<<endl;
// cout<<sumx[i]<<endl;
    avex[i]=sumx[i]/number[i];
// cout<<avex[i]<<","<<number[i]<<endl;
}

```

```

for(int i=0;i<n;i++){
    large=(initial+(i+1)*sep);

```

```

small=(initial+(i)*sep);
//cout<<large<<","<<small<<endl;
for(int k=0;k<=j;k++){
    // cout<<k<<","<<datad[k]<<endl;
    temp=datad[k];
    if (small<temp && temp<=large){
sumsqx[i]=sumsqx[i]+(temp-avex[i])*(temp-avex[i]);
        // cout<<"ok"<<endl;
    }
    else{
number[i]=number[i]+0;
    }
}
ex[i]=sqrt(sumsqx[i]/number[i]);
// ex[i]=0;
ey[i]=sqrt(number[i]);
//cout<<avex[i]<<","<<ex[i]<<","<<number[i]<<endl;
// cout<<ex[i]<<endl;
}

```

```

TCanvas *c1 = new TCanvas("c1","Muon Life Time",200,10,700,500);
c1->SetGrid();
c1->GetFrame()->SetBorderSize(30);

```

```

TGraphErrors *gr=new TGraphErrors(n,avex,number,ex,ey);
gr->SetTitle("Muon lifetime");
gr->GetXaxis()->SetTitle("Time(us) ");
gr->GetYaxis()->SetTitle("Counts ");
gr->GetXaxis()->CenterTitle(true);
gr->GetYaxis()->CenterTitle(true);
gr->GetXaxis()->SetLabelSize(0.02);
gr->GetXaxis()->SetTitleSize(0.04);
gr->GetXaxis()->SetLabelSize(0.04);
gr->GetXaxis()->SetTitleOffset(1.1);
gr->GetYaxis()->SetTitleSize(0.04);

```

```
gr->GetYaxis()->SetLabelSize(0.04);
gr->GetYaxis()->SetTitleOffset(1.1);
gr->Draw("AP*");
gr->Fit("f1","", "",0,10);
// c1->Update;
// c1->Print("6_D's+SY's_Gate_3P_try2_MY.eps");
c1->Print("try.eps");
}
```