

半衰期的測量

目的：

測量鈾射氣之半衰期

裝置：

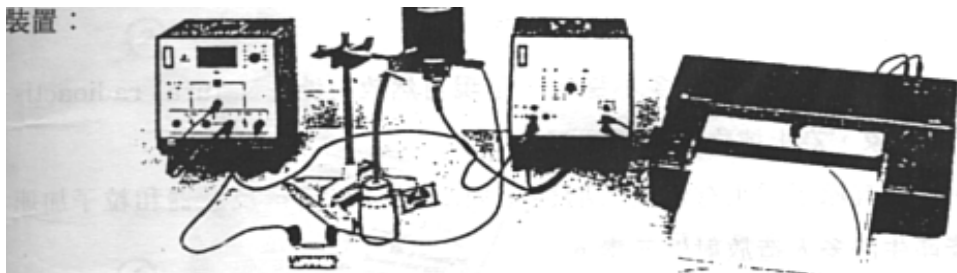


圖 1

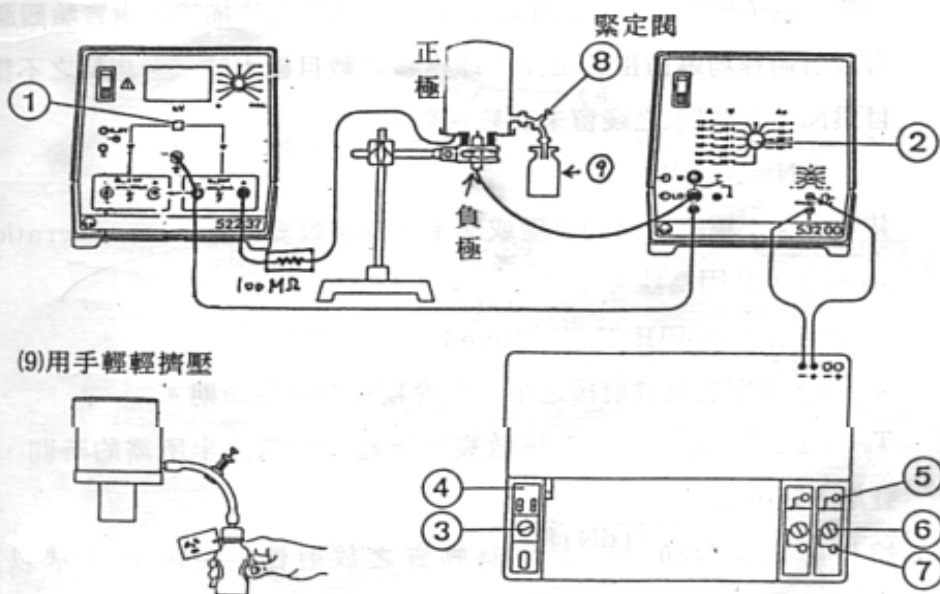


圖 2

Experiment setup

- (1) Selector switch: High voltage to output 1, output 2 or to both outputs
- (2) Measuring range selector switch 10^{-11} A
- (3) Velocity selector switch 1 mm/sec
- (4) Paper feed
- (5) cal/var
- (6) Sensitivity in Y-direction 10 V
- (7) Control for zero point
- (8) Hose clip

原理：

一、核反應可由兩種方法達成：

1. 由粒子或射線轟擊靜止之靶原子，使靶核之組織或能量改變的過程。

2. 原子核之自發性蛻變(Disintegration)，亦牽涉到核子的能量與組織之重新配置。

$z > 81$ 或 $(A > 206)$ 之元素多不穩定，呈現自然放射性(Natural radioactivity)的現象，為上述的之第 2 種核反應。

另外，少數輕原子核也有自然放射性，如 C^{14} 和 K^{40} ；用核反應器和粒子加速器也能造成許多人造放射性元素。

二、本實驗主要探討鈾射氣之自發性 α -衰變之半衰期：

1. 一特定原子的核衰變只能用統計式之或然率定律來描述，由實驗觀測得知所有放射過程均遵循指數定律，即當核之數目極大時，若起始之不穩定核數目為 N_0 ，則時間 t 之殘留未衰變的核數為 $N=N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ ，其中

λ 為單位時間的或然衰變率，或稱蛻變常數(Disintegration constant)，其因次為秒。

2. Mean-Life time 與 Half-life time:

$\tau = 1/\lambda$ 定義為放射核之平均生命期或簡稱生命期。

$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$ 即為放射核數衰變至起始核數一半所需的時間, 稱為半衰期(Half-Life)

3. 蛻變絕對值 $|dN/dt|$ 稱為物質的放射性(activity) 常以居里(Curie)表示

一居里相當於每秒有 3.7×10^{10} 個衰變, 另較小之常用單位用毫居里($1\text{mC} = 10^{-3}\text{C}$)及微居里($1\mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}$)

4. 及他有關放射性衰變及 α -衰變之細節請參閱李怡嚴所著大學物理學 (§33-8 及 §33-9)

下圖容器內裝有 thorium salt Th232 經噴出後形成氣狀的 thoron

Tn(即釷射氣)其衰變過程如下:

$$\text{Thn} \left(\begin{smallmatrix} 220 \\ 86 \\ \text{Rn} \end{smallmatrix} \right) \xrightarrow{54.5\text{s}} \text{ThA} \left(\begin{smallmatrix} 216 \\ 84 \\ \text{Pa} \end{smallmatrix} \right)$$

$$\xrightarrow{0.158\text{s}} \text{ThB} \left(\begin{smallmatrix} 212 \\ 82 \\ \text{Pb} \end{smallmatrix} \right) \xrightarrow{10.6\text{hr}} \text{ThC} \left(\begin{smallmatrix} 212 \\ 83 \\ \text{Bi} \end{smallmatrix} \right)$$

$$\beta \nearrow \text{ThC}' \left(\begin{smallmatrix} 212 \\ 84 \\ \text{Po} \end{smallmatrix} \right) \quad \alpha \searrow$$

$$\alpha \searrow \text{ThC}'' \left(\begin{smallmatrix} 208 \\ 81 \\ \text{Tl} \end{smallmatrix} \right) \quad \beta \nearrow \text{ThD} \left(\begin{smallmatrix} 208 \\ 82 \\ \text{Pb} \end{smallmatrix} \right)$$

圖3

範例：

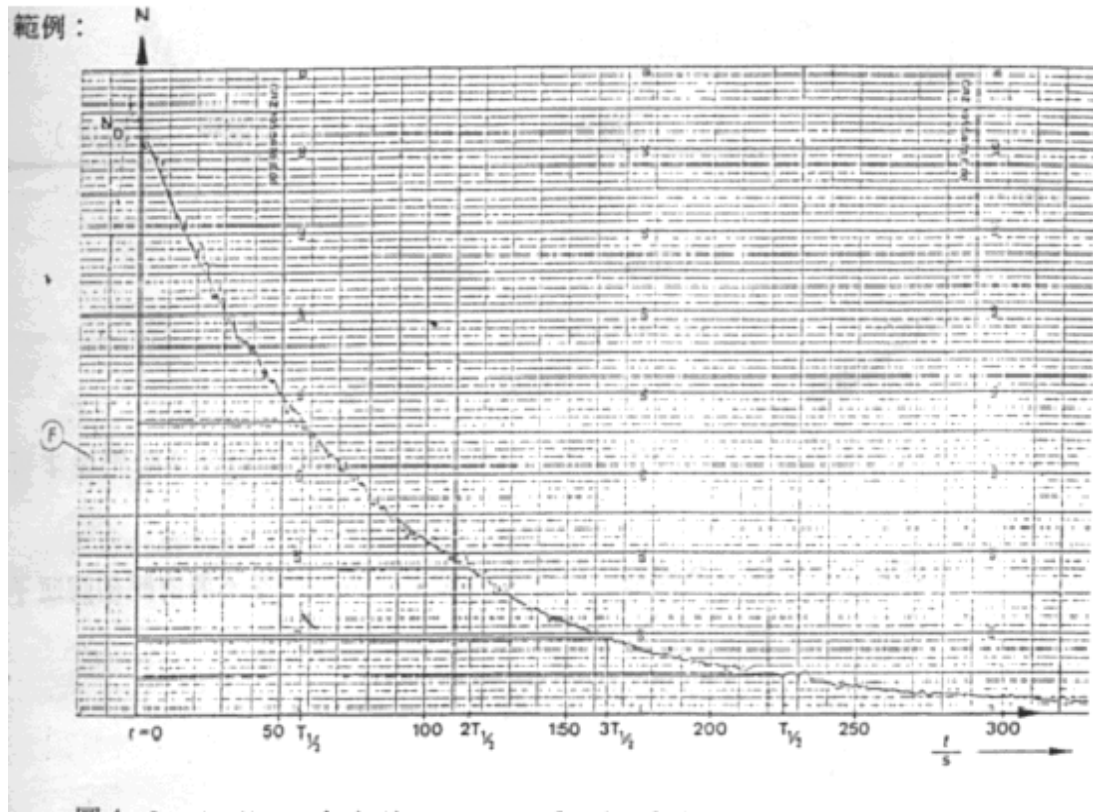


圖 4 Record diagram: Ionization current as a function of time;(F) curve increases steeply when the thoron air mixture is put into the chamber

N	N_0	$N_0/2$	$N_0/4$	$N_0/8$	$N_0/16$
t/s	0	57	115	164	225
		$T^{1/2}$	$2T^{1/2}$	$3T^{1/2}$	$4T^{1/2}$

From this it can be concluded that the average half life

is $T_{1/2}=56.1$ s

(Values in the table $T_{1/2}=54.5$ s)

儀器:

數量	名稱
1	高壓電源供應器
1	100M 2% 電阻
1	游離室
1	放射源
1	橡皮管
1	緊定閥
1	陰極電纜
1	電流放大器
1	T-Y recorder
1	微電流計
1	三角支架(三角座,直桿,固定夾,活動夾)

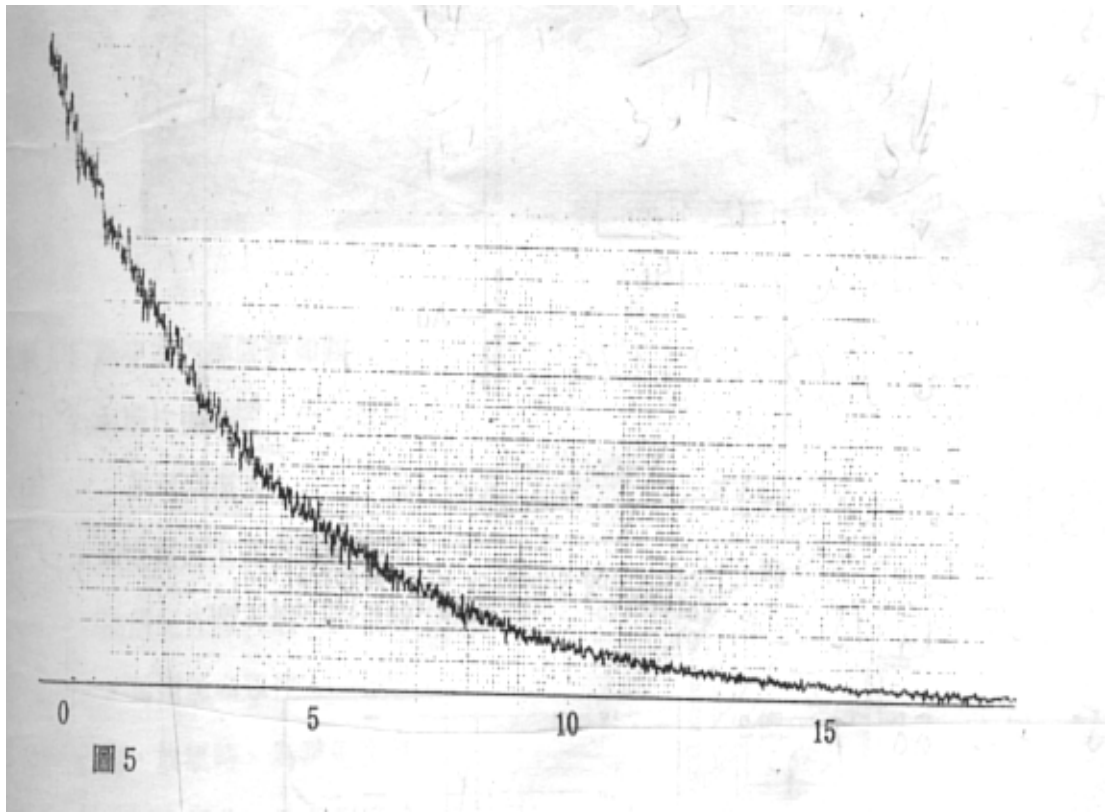
步驟:

1. 裝置如圖並注意下列事項;

- a. power swpp 之輸出使用 max 2mA 之檔
- b. 不要使任何輸出端與輸入端短路, 高壓危險!
- c. 由正端輸出之電壓必先經過一負載大電阻(100M 2%)降壓後才可輸入空腔。

d. 鈷元素在常溫下為固體，噴嘴套入橡皮管時，注意不要擠壓塑膠瓶子，以免漏出輻射物。未實驗前，請以鎖緊伐鎖緊橡皮管。

2. 打開高壓電源供應器及電流放大器。
3. 設定高壓在 2.5kV
4. 電流放大器在先放在 10^{-10} Ampere 檔。
5. 利用 VAR/CAL 之 10V/cm 檔，驅動 recorder 畫 t 軸線，亦即 Y=0 基準線，再調至 0.1V/cm 後盡量歸零至 Y=0 線
6. 輕輕擠壓塑膠瓶，直到 recorder 上之初始 Y 值(電流值)達到一可觀值，然後停止擠壓，並迅速鎖緊定閥後，注意 recorder 上電流隨時間指數下降之情形。(recorder 設 VAR/CAL=0.1V/cm , Speed=20s/cm)
7. 試著改變電流放大器之檔數，recorder 之橫向掃描速率及縱向之 VAR/CAL 值，看能不能得到更完美之圖形。
8. 如範例之分析計算，分析你的數據。
9. 參考圖例如下：



參考書籍:李怡巖「大學物理學第四冊」

國立台灣師範大學「近代物理實驗」課本