

傳遞函數與原子堆震盪器 (TRANSFER FUNCTION AND PILE OSCILLATOR)

• 黃惠澤 •

本文為原子能科學展覽，反應器實驗抽樣介紹

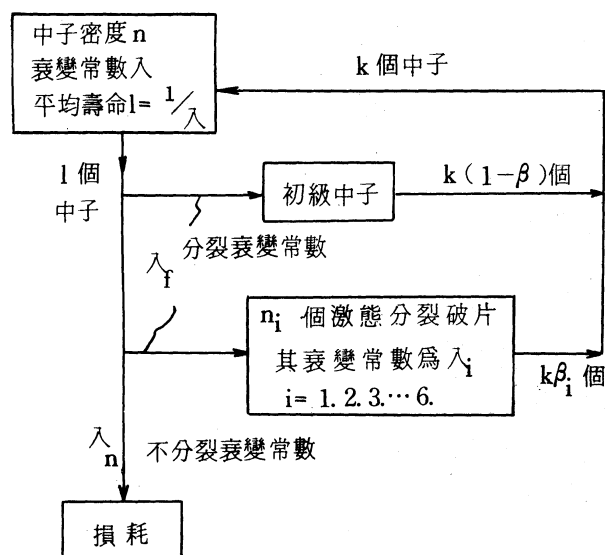
反應器 (Reactor, 即俗稱的原子爐。) 的主要用途在於有效而安全地利用原子能。因此對於操作中, 反應器內部, 中子密度分佈的情形, 及小部份的干擾對整體的影響, 都是很重要的資料——利用原子堆震盪器來測取傳遞函數便是一種很重要而有效的方法。

所謂傳遞函數 (Transfer Function), 就是在反應器核心的某一部份給一個輸入, 然後研究整體的輸出與此一輸入信號間的關係。(這和電學中的輸出輸入關係完全相似。) 在線性近似的假定之下, 我們可以設兩者間的關係如下:

$$\rho = \text{輸入} = \rho_0 \cos \omega t$$

$$\text{輸出} = G \rho_0 \cos (\omega t - \delta)$$

其中 G 為放大率, δ 為滯後相位; 兩者都是 ω 的函數, 此兩函數也就是傳遞函數的兩個 Components。讓我們來看看理論上核心 (core) 中子的變化情形, 下圖所示為中子回授的路線, 也就是中子連鎖反應的大致情況, 由該圖我就可以寫出下面的方程式: (附圖一)



(圖一)

$$\frac{dn}{dt} = -\frac{n}{\ell^*} + \frac{n}{\ell^*} K(1-\beta) + \sum_{i=1}^6 n_i \lambda_i$$

$$\frac{dn_i}{dt} = \frac{n}{\ell^*} K \beta_i - n_i \lambda_i \quad i = 1 \dots 6$$

並定義:

$$\frac{\ell^*}{K} = \ell : \text{由一個中子產生次一級中子之平均時間} \\ (\text{generation time})$$

$$\rho = \frac{K-1}{K} : \text{反應度 (reactivity)}$$

*為了解 G , ρ 和 ω 的關係, 限於篇幅, 本文只列出方程式之解所給的輸出。(詳細請參考任何反應器物理有關之書籍。)

$$\tan \delta = \frac{\ell \omega + s}{\beta - c} \dots \dots \dots (A)$$

$$G = \frac{1}{\sqrt{(\beta - c)^2 + (\ell \omega + s)^2}} \dots \dots \dots (B)$$

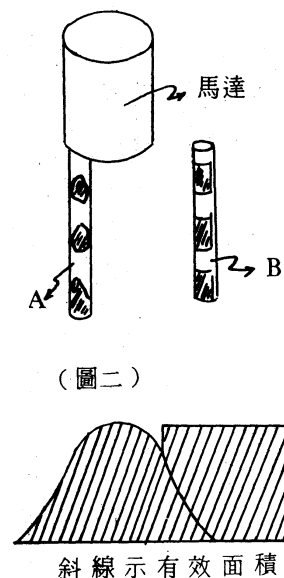
此處

$$c = \sum_{i=1}^6 \frac{\lambda_i^2 \beta_i}{\lambda_i^2 + \omega^2} \quad s = \sum_{i=1}^6 \frac{\omega \lambda_i \beta_i}{\lambda_i^2 + \omega^2}$$

均可由表查出。



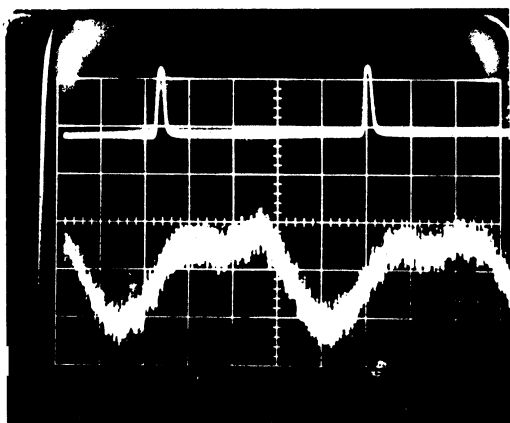
(圖三)



(圖二)

實驗時, 輸出部份, 我們只要利用一具“分裂室” (fission chamber) 來量取中子通量的變化, 饋入一微微電流計及雙波道示波器中的 B 波道。而輸入部份即利用所謂的原子堆震盪器來產生。我們知道, 在臨界

的時候被吃掉的（以及逃跑了的）中子數正等於分裂產生的中子數（包括初級中子 prompt neutrons 和延遲中子 delayed neutrons，後者佔總中子數的 0.65 %，量雖微，但却是控制的主要來源。），如果生產多耗損少（ $K > 1$, $\rho > 0$ ）則稱為超臨界（Supercritical），反之（ $K < 1$, $\rho < 0$ ）則為次臨界（Subcritical）。震盪器就是使某部份的反應度 ρ 對臨界點交變設法使中子的有效吸收劑量起變化（或燃料劑量起變化亦可。）在本實驗中震盪器的實際構造如（圖二）所示，B 筒套在 A 筒之內並接於上部的馬達，筒上斜線部份為 Cd 箔片，因為吸收劑的反應度約正比於其有效吸收面積，故如（圖三），B 轉動之後可得一含交變成分之反應度，其非交變成分在於配合調整臨界。當馬達轉動時，我們用一光電管拾取轉動零點訊號，饋入 A 波道並做為 B 波道的觸發波（trigger）。然後用照相機攝取示波器上的顯示，我們由照片上量取 ω 及 δ ，經(A)式求 ℓ ，再代入(B)式即可得 G ，下表為幾個約略的數據及照片。



〔 附 表 〕

No.	ω sec^{-1}	δm (deg)	φ (deg)	δ cor.	δ	ℓ_{sec}
1	9.5	5.7	5.6	0.1	5.7	
2	4.3	16.2	2.5	13.7	7.0	
3	12.6	14.9	7.2	7.7	8.0	70×10^{-6}
4	160.0	108.0	56.8	51.2	52.0	52×10^{-6}

【註】 $\delta \text{ cor} = \delta m - \varphi$

δm : measured

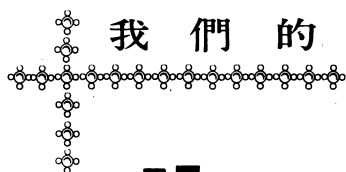
$\delta \text{ cor}$: corrected

討 論：

- (1) 在決定相差時，因 ρ_{\max} 之點不易決定，A 波道的尖波訊號只是 Pile Oscillator 轉動時，相對於 ρ_{\max} 的一個特定參考點，故實際上我們每次攝

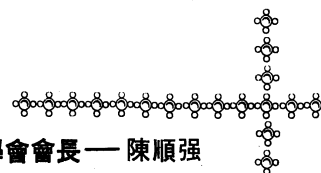
取兩張同頻但轉向相反的照片然後取其滯後相差的和以 2 除之，如果超前則所取之值應為負。

- (2) 在微微電流計線路中亦有一滯後相位，其值為 $\tan \varphi = RC\omega$ ，因此在整理數據時不能不加以校正。
- (3) 同組兩張照片攝取時， ω 無法調至完全相同，是誤差來源，再者 B 波道所示波形顯示甚強之雜音（noise），使量度之正確性減低不少。
- (4) ℓ 之值理論上為一常數，但此仍對於一理論上簡單化的反應器而言，兩個不同大小及組成的反應器，其 ℓ 值可以不等。



我 們 的

盼 望



下學年物理學會會長——陳順強

自台大物理學會成立以來，一直努力作著在校同學與畢業系友之間的聯絡工作。雖未能十分理想，但多多少少在系友之間起了一些共鳴，由每年回信的數量及同國開課系友的增加，證明了系友們對母校的關懷，我們表示由衷的感激。

物理學會所出版的雜誌——「時空」，一直是以學術及聯誼並重的。我們想以「時空」為橋樑，把所有台大物理系的同學聯為一體——不論已畢業或仍在在校的同學。因此，我們計劃在以後的「時空」中加強國內新聞的報導和系友的動態。

但是在校同學有限，每學期一本的「時空」要花掉四、五千元的印刷費用。因此，每位在校同學註冊時交的會費，幾乎全部用在「時空」的發行上，而且投稿的同學尚沒有任何報酬。於是其他的活動如迎新、送舊由在校同學另外交錢，而其他系內的康樂競賽及其他支出就要靠系友們樂捐來維持。

同時，畢業的系友日增，「時空」的印刷和郵寄費用直線上升，為了這個日益嚴重的問題，我們研究了很久，並去函部分系友徵求意見，而有成立「時空基金會」的構想。為了編印一本更理想的「時空」，為了舉辦更多有意義的活動，我們想募集一筆永久財源，以利息收入作為「時空」編輯的經費來源。有了這筆固定的收入，我們能夠永久免費贈閱「時空」。

最後，我們非常盼望系友們的回音和支持。