

# 第 106 學年度清華大學普通物理實驗(19)

預報 或  結報 課程編號：10620PHYS102011

實驗名稱：RC 與 RLC 電路

系 級：材料 21 組 別：7

學 號：106031204, 106031209 姓 名：林曉慧

組 員：彭慧文

實驗日期：107 年 5 月 9 日 補作日期：\_\_\_ 年 \_\_\_ 月 \_\_\_ 日

◎ 以下為助教記錄區

預報繳交日期	報告成績	助教簽名欄
	<u>A</u>	
結報繳交日期		
報告缺失紀錄		

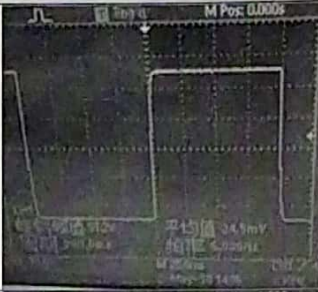
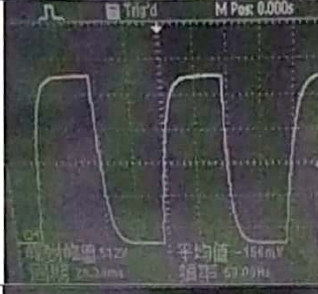
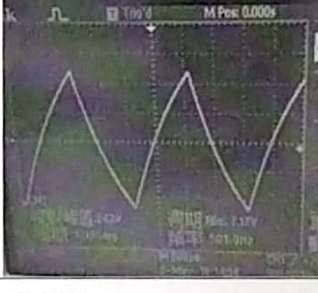
一、結果與分析

(一) 用示波器觀察電容器的充電及放電現象

1. 示波器並聯 C

$$R = 10\text{k}\Omega$$

$$C = 0.1\mu\text{F}$$

	$T_{1/2}(\text{ms})$	$\tau_0$	$\tau_0$ 誤差	圖片
$\frac{T}{2} = 100RC$	0.6	$8.656 \times 10^{-4}$	13.44%	
$\frac{T}{2} = 10RC$	1	$1.442 \times 10^{-3}$	44.26%	
$\frac{T}{2} = RC$	$380 \times 10^{-3}$	$5.482 \times 10^{-4}$	45.18%	

$$\tau_0 \text{理論值} = RC = 10 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6} = 0.001$$

$$\tau_0 \text{實驗值} = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} = \frac{0.6 \times 10^{-3}}{\ln 2} = 8.656 \times 10^{-4}$$

$$\tau_0 \text{誤差} = \frac{|\tau_0 \text{實驗值} - \tau_0 \text{理論值}|}{\tau_0 \text{理論值}} \times 100\%$$

$$= \frac{|8.656 \times 10^{-4} - 0.001|}{0.001} \times 100\% = 13.44\%$$

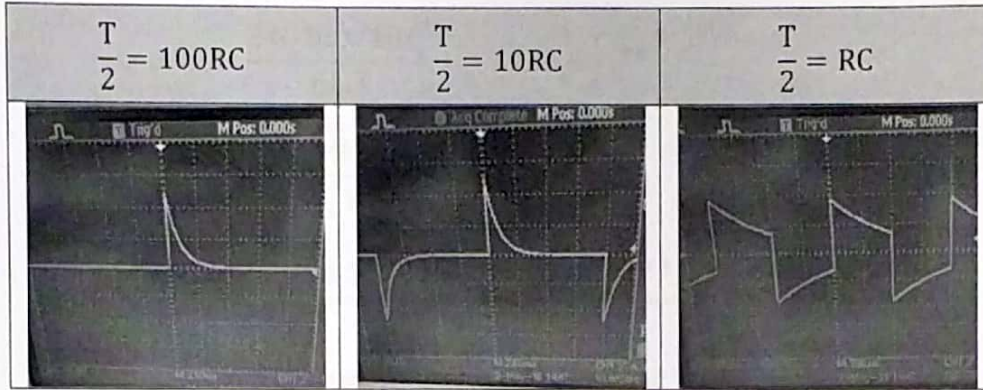
$$\tau_0 \text{誤差} = \frac{|\tau_0 \text{實驗值} - \tau_0 \text{理論值}|}{\tau_0 \text{理論值}} \times 100\%$$

$$= \frac{|1.442 \times 10^{-3} - 0.001|}{0.001} \times 100\% = 44.26\%$$

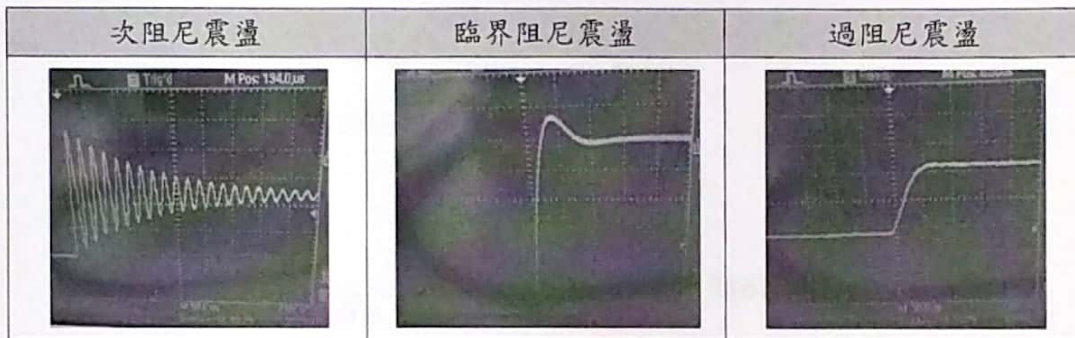
$$\tau_0 \text{ 误差} = \frac{|\tau_0 \text{ 实验值} - \tau_0 \text{ 理论值}|}{\tau_0 \text{ 理论值}} \times 100\%$$

$$= \frac{|5.482 \times 10^{-4} - 0.001|}{0.001} \times 100\% = 45.18\%$$

2. 示波器並聯 R



(二) 用示波器觀察阻尼振盪



$R = 35\Omega$   
 $R_L = 26.3\Omega$   
 $R_{\text{total}} = 35 + 26.3 = 61.3\Omega$   
 $R_C \text{ 实验值} = 3346.3\Omega$   
 $C = 0.001\mu\text{F}$   
 $L = 10\text{mH}$   
 $T_{1/2} = 42.8\mu\text{s}$   
 $T = 21.2\mu\text{s}$

	理論值	實驗值	誤差
$\tau_0$	$6.17 \times 10^{-5}$	$3.26 \times 10^{-4}$	81.06%
$\omega_0(\text{rad/s})$	296392.5	316227.8	6.27%
$R_C(\Omega)$	3346.3	6324.556	47.09%



$$\tau_0 = \frac{T_{1/2}}{\ln 2}$$

$$\tau_0 \text{ 實驗值} = \frac{42.8 \times 10^{-6}}{\ln 2} = 6.17 \times 10^{-5}$$

$$\tau_0 = \frac{2L}{R}$$

$$\tau_0 \text{ 理論值} = \frac{2 \times 10 \times 10^{-3}}{61.3} = 3.26 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \tau_0 \text{ 誤差} &= \frac{|\tau_0 \text{ 實驗值} - \tau_0 \text{ 理論值}|}{\tau_0 \text{ 理論值}} \times 100\% \\ &= \frac{|6.17 \times 10^{-5} - 3.26 \times 10^{-4}|}{3.26 \times 10^{-4}} \times 100\% = 81.06\% \end{aligned}$$

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \omega_0^2 - \frac{R_{\text{total}}^2}{4L^2}$$

$$\left(\frac{2\pi}{21.1 \times 10^{-6}}\right)^2 = \omega_0^2 - \frac{61.3^2}{4(10 \times 10^{-3})^2}$$

$$\omega_0 \text{ 實驗值} = 296392.5 \text{ rad/s}$$

$$\omega_0 = \frac{R}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega_0 \text{ 理論值} = \frac{1}{\sqrt{10 \times 10^{-3} \times 0.001 \times 10^{-6}}} = 316227.8 \text{ rad/s}$$

$$\begin{aligned} \omega_0 \text{ 誤差} &= \frac{|\omega_0 \text{ 實驗值} - \omega_0 \text{ 理論值}|}{\omega_0 \text{ 理論值}} \times 100\% \\ &= \frac{|296392.5 - 316227.8|}{316227.8} \times 100\% = 6.27\% \end{aligned}$$

$$R_C = 2L\omega_0$$

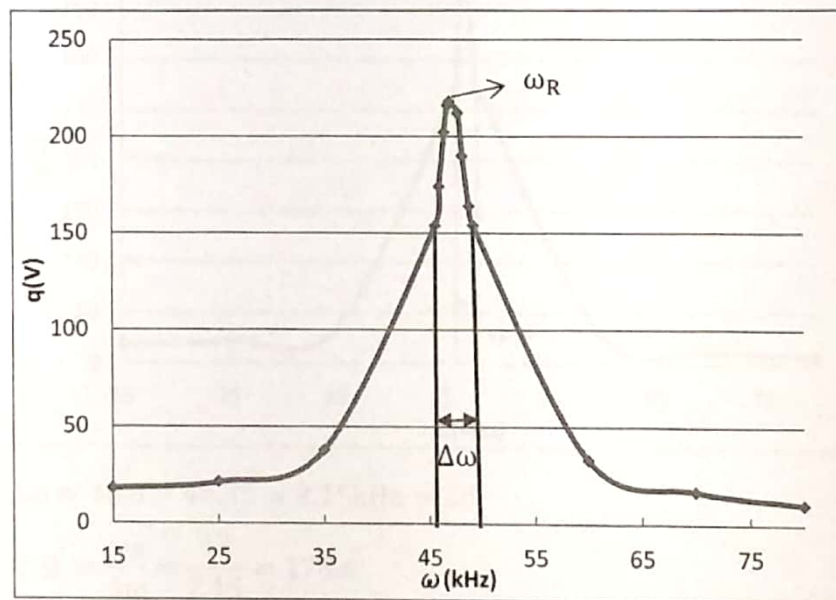
$$R_C \text{ 理論值} = 2 \times 10 \times 10^{-3} \times 316227.8 = 6324.556 \Omega$$

$$\begin{aligned} R_C \text{ 誤差} &= \frac{|R_C \text{ 實驗值} - R_C \text{ 理論值}|}{R_C \text{ 理論值}} \times 100\% \\ &= \frac{|3346.3 - 6324.556|}{6324.556} \times 100\% = 47.09\% \end{aligned}$$

(三) 以示波器觀察共振現象，並測量線路的諧振頻寬和 Q 值

1.  $100\Omega$

	$\omega$ (kHz)	q(V)
	15	18
	25	21.2
	35	38
$q_{\max}/\sqrt{2}$	45.62	154
	46	174
	46.5	202
	46.8	216
$q_{\max}$	47	218
	47.8	212
	48.2	190
	48.8	164
$q_{\max}/\sqrt{2}$	49.2	154
	60	33
	70	17
	80	10.5

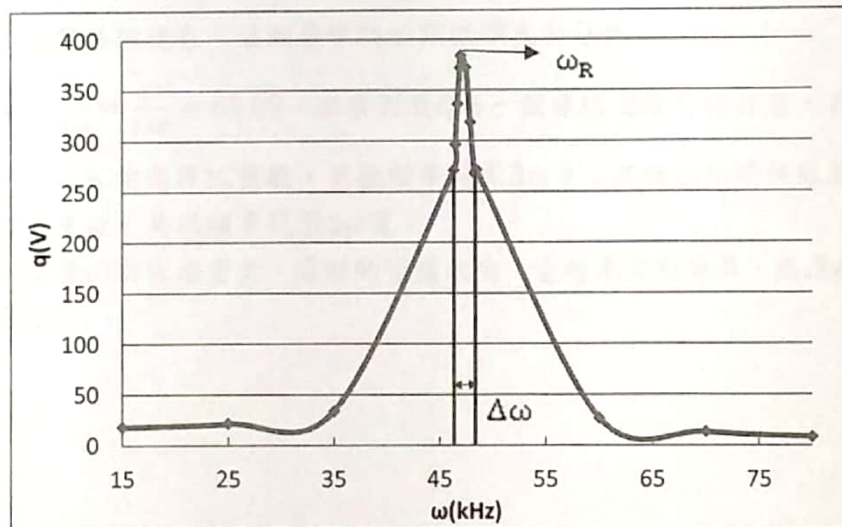


$$\Delta\omega = 49.2 - 45.62 = 3.58\text{kHz} = 2\beta$$

$$Q \text{ 值} = \frac{\omega_R}{\Delta\omega} = \frac{47}{3.58} = 60.89$$

2.  $10\Omega$

$\omega$ (kHz)	$q$ (V)
15	17.8
25	21.4
35	33.6
$q_{\max}/\sqrt{2}$	46.35
46.5	296
46.7	336
46.9	372
$q_{\max}$	47
47.5	372
47.9	318
48.3	268
$q_{\max}/\sqrt{2}$	48.5
60	26.8
70	13.1
80	8.4



$$\Delta\omega = 48.5 - 46.35 = 2.15\text{kHz} = 2\beta$$

$$Q \text{ 值} = \frac{\omega_R}{\Delta\omega} = \frac{47}{2.15} = 178.6$$



## 二、結果討論

### (一)用示波器觀察電容器的充電及放電現象

理論上在  $T=100RC$  及  $T=10RC$  的誤差都很小，因為其週期夠長，已經充電完成後才開始放電，因此求出的半週期值誤差會很小。但  $T=RC$  的週期太短，還沒充電完成就開始放電（詳見上圖），因此求出的半週期並不是真正的半週期，因為它根本還沒完成一個週期就開始下個動作，所以半週期、時間常數及電位差誤差很大。但我們得到的三個誤差都偏高，有可能是在手動量測半衰期時產生的人為誤差。

### (二)用示波器觀察阻尼振盪

$\tau_0$ 、 $\omega_0$ 和 $R_C$ 的誤差都偏大，因為這個實驗需要判斷震盪圖形，但其實這是一件很主觀的事，所以誤差會很大。而 $R_C$ 是由 $\tau_0$ 和 $\omega_0$ 推算出來的，因為誤差傳遞， $R_C$ 的誤差自然會很大。

### (三)以示波器觀察共振現象，並測量線路的諧振頻寬和Q值

品質因數Q值 =  $\frac{\omega_R}{\Delta\omega} = \frac{47}{3.58} = 60.89$ ，品質因數Q為一個線路受阻尼的程度，其值

大的時候線路對正弦波選擇很靈敏，共振頻率範圍 $\Delta\omega$ 窄；其值小的時候線路對正弦波選擇較不靈敏，共振頻率範圍 $\Delta\omega$ 寬。

我們在畫圖時選擇的點太過密集，圖形的峰值太尖，看起來有點詭異，應選擇分布平均的繪圖點。

### 三、問題

1. 試證：RC 乘積的單位為“時間”的單位。

答：

$$RC = \frac{V}{I} \times \frac{Q}{V} = \frac{\text{Volt}}{\text{Coul}/\text{Time}} \times \frac{\text{Coul}}{\text{Volt}} = \text{Time}$$

2. 在實驗 A 中，若  $T \leq RC$ ，要如何測量  $T_{(1/2)}$ ？

答：雖然沒有極大值，但依然可以找到一個座標點  $(V_c, t)$ ， $V_{c, \max}$  即為方波電壓

$$g(t) = g_{\max} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\rightarrow V(t) = V_{\max} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\rightarrow \ln \frac{V_{\max}}{V_c} = \frac{t}{RC}$$

$$\text{可得 } RC = t \times \ln \frac{V_{\max}}{V_c} \quad T_{1/2} = RC \times \ln 2$$

3. 試證：在只有 R 及 L 而沒有 C 的線路上，其鬆弛時間為  $L/R$ ，而且  $L/R$  的單位是時間。

答： $L \frac{di}{dt} + iR = \epsilon_0$

$$i(t) = \frac{\epsilon_0}{R} (1 - e^{-\frac{tR}{L}}), \quad t = \frac{L}{R} : \text{為鬆弛時間}$$

$$\frac{L}{R} \text{單位} : \frac{\text{Volt}}{\text{Coul}} \times \frac{\text{Time}^2}{\text{Volt} \times \text{Time} / \text{Coul}} = \text{Time}$$

4. 在圖 7 的線路中，證明當電容器上的電量為極大值時，線路上的電流為零。

答： $g(t) = A_1 \cos \omega t + A_2 \sin \omega t, \quad q(0) = q_0$

$$I(t) = -\omega A_1 \sin \omega t + A_2 \omega \cos \omega t, \quad I(0) = 0$$

$$A_1 = q_0, \quad A_2 = 0$$

$$g(t) = q_0 \cos \omega t$$

$$I(t) = -\omega q_0 \sin \omega t$$

$$q_{\max} \text{時 } \cos \omega t = 1, \quad \sin \omega t = 0$$

$$\Rightarrow I(t) = 0$$



5. 若將圖 17 的裝置中的 C 拆去，示波器上會顯示何種圖形？請詳細解釋原因  
(提示：參考示波器的輸入電路結構)。

答：由於示波器內本身也有電容，所以依然會有震盪產生。

6. 試利用(17)式，由  $(dq_A/d\omega)_{\omega=\omega_R} = 0$ ，證明  $\omega_R = (\omega_0^2 - (2\beta)^2)^{1/2}$

$$\text{答：} q_A = \frac{a}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}$$

$$\frac{dq_A}{d\omega} = 0 = -\frac{1}{2} a \frac{2(-2\omega)(\omega_0^2 - \omega^2) + 4\beta^2 2\omega}{((\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2)^{3/2}}$$

$$\rightarrow 2(-2\omega)(\omega_0^2 - \omega^2) + 4\beta^2 2\omega = 0$$

$$\rightarrow \omega^2 = \omega_0^2 - 4\beta^2$$

$$\rightarrow \omega_R = (\omega_0^2 - (2\beta)^2)^{1/2}$$

#### 四、心得

這次實驗做的我們好崩潰，機器上的波永遠的長得很畸形，跟實驗要觀測的樣子差了十萬八千里。最後還好是助教解救我們於水深火熱之中，不然我們一定會精神衰弱 QQ~~~

#### 五、參考資料

清大普物實驗室：RC 與 RLC 電路講義