

第106學年度清華大學普通物理實驗( )

☒預報 或 ☐結報 課程編號：\_\_\_\_\_

實驗名稱：RC與RCL線路

系 級：材料21 組 別：7

學 號：106031209 姓 名：彭懷文

組 員：林曉晨

實驗日期：107年5月2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
結報繳交日期		
報告缺失紀錄		

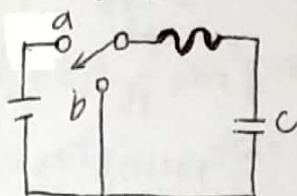
# 實驗 = RC 與 RCL 線路

## 實驗目的 =

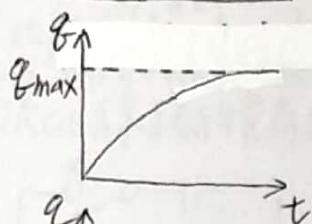
研究 RC 電路中電荷的鬆弛現象，及 RCL 線路的電荷振盪現象

## = 實驗原理 =

### (一) RC 線路 =



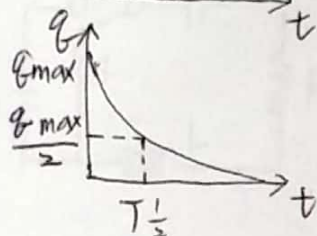
若電鍵連接到 a.  $\varepsilon_0 = iR + \frac{q}{C} = \frac{dq}{dt}R + \frac{q}{C}$   
 $\Rightarrow q(t) = C\varepsilon_0(1 - e^{-t/RC})$



充電 =  $t=0$ . switch 到 a. 此時電容器上  $q=0$ .

$t \rightarrow \infty$ . 電量趨近於飽和值  $q_{max} = C\varepsilon_0$

$$q = q_{max}(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) = C\varepsilon_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$



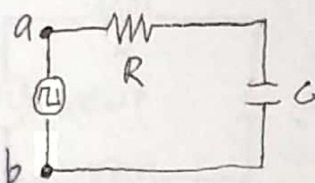
放電 =  $t=0$ . switch 到 b. 此時  $q = q_{max}$ .

$$q(t) = q_{max} e^{-\frac{t}{RC}}$$

$t=RC$ .  $q = \frac{1}{e} q_{max}$ . 此為鬆弛時間或時間常數  $T_0$

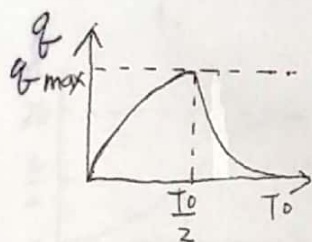
$RC = q \rightarrow q_{max}$  的  $(1 - e^{-1}) \times 100\% = 63.2\%$  所需時間.

$$q_{max} \rightarrow \frac{q_{max}}{2} \text{ 所需時間 } T_{\frac{1}{2}} \text{ (半衰期)} = RC \ln 2$$

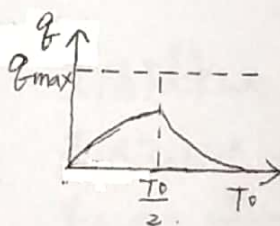


本實驗利用訊號產生器的方波代替電鍵.

方波的前半週期如充電情形，後半週期如放電情形



當方波  $\frac{T_0}{2} > RC$

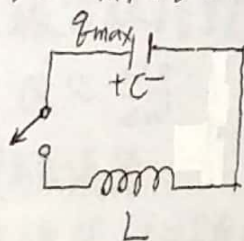


當方波  $\frac{T_0}{2} < RC$

電容器電量未達  $q_{max}$  就放電，未完全放電又開始充電

訊號產生器輸出的方波電壓在正負兩個值間變換，若波形高度為  $\varepsilon_0$ ，則前半週期的電壓為  $\frac{\varepsilon_0}{2}$ ，後半週期的電壓為  $-\frac{\varepsilon_0}{2}$ .

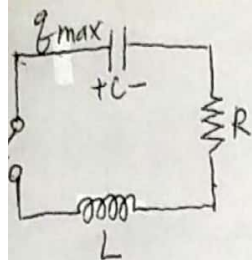
### (二) LC 線路及電荷的阻尼振盪



$$q(t) = q_{max} \cos(\omega_0 t - \delta)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{LC}$$





$$L \frac{di}{dt} + iR + \frac{q}{C} = 0, \beta \equiv \frac{R}{2L}, \omega_0^2 \equiv \frac{1}{LC} \Rightarrow \frac{d^2q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0$$

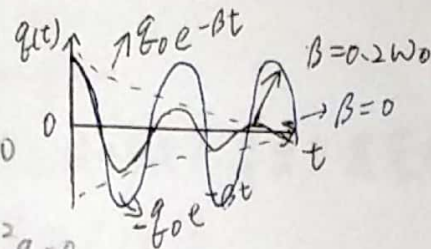
1.  $\beta^2 < \omega_0^2$  (欠阻尼振荡)

$$q(t) = [q_0 e^{-\beta t}] \cos(\omega_1 t - \delta), \quad \omega_1^2 = \omega_0^2 - \beta^2$$

$$\frac{di}{dt} + iR + \frac{q}{C} = 0$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0$$



$$q_{max}(t) = \pm q_0 e^{-\beta t}$$

$$t = \frac{1}{\beta} \text{ or } \frac{2L}{R} = T_0 \text{ (時間常數)}$$

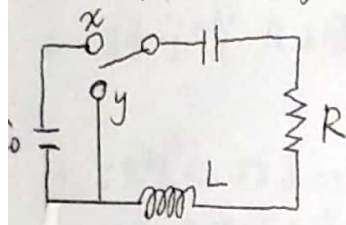
$$t = \frac{\ln 2}{\beta} \Rightarrow t = T_0 \ln 2 \rightarrow T_0/2 \text{ (半衰期)}$$

2.  $\beta^2 = \omega_0^2$  (臨界阻尼振荡)

3.  $\beta^2 > \omega_0^2$  (過阻尼振荡)

$$\alpha^2 + 2\beta\alpha + \omega_0^2 = 0, \alpha = -\beta \pm \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2} \Rightarrow q(t) = e^{(-\beta \pm \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2})t}$$

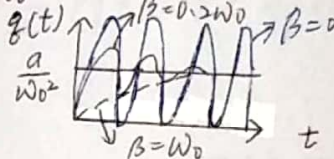
4) RCL 線路的電荷振荡



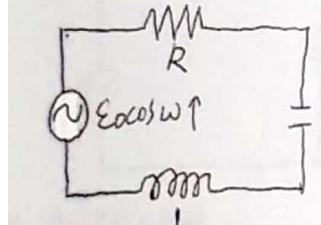
$$E_0 = L \frac{di}{dt} + \frac{q}{C} + iR, a \equiv \frac{E_0}{L} \Rightarrow \frac{d^2q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = a$$

$$\text{在 } \beta^2 < \omega_0^2 \text{ (欠阻尼振荡), } q(t) = \frac{a}{\omega_0^2} [1 - A e^{-\beta t} \cos(\omega_1 t - \delta)]$$

若使初值  $\delta = 0$ , 則由  $q(0)$  知  $A = 1$

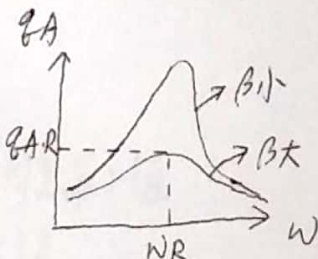
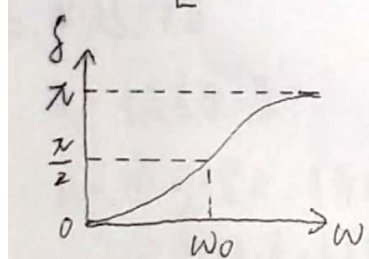


4) RCL 線路的正弦波強迫振荡



$$q(t) = q_A \cos(\omega t - \delta) \rightarrow \text{簡諧振荡, 振荡频率 = 外加正弦波的频率}$$

$$\Rightarrow \delta = \tan^{-1} \frac{2\omega\beta}{\omega_0^2 - \omega^2}, \quad q_A = \frac{a}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}$$



$$\text{共振频率 } \omega_R = (\omega_0^2 - 2\beta^2)^{1/2}$$

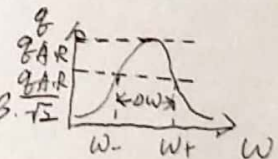
若  $\beta^2 \ll \omega_0^2$ , 則  $\omega_R \approx \omega_0$

$$q_A \cdot R = \frac{a}{2\omega_0 \beta}$$

在描述線路受阻尼程度時, 用  $Q$  表示 ( $Q$  值, 品質因數).  $Q \equiv \frac{\omega_R}{2\beta}$ ,  $\beta^2 \approx \omega_0^2$ ,  $Q$  很小  $\beta^2 \ll \omega_0^2$ ,  $Q$  變大.

振荡線路對頻率選擇的靈敏度以頻寬表示.  $\Delta\omega = \omega_+ - \omega_- \approx 2\beta$

$$Q \approx \frac{\omega_R}{\Delta\omega}$$

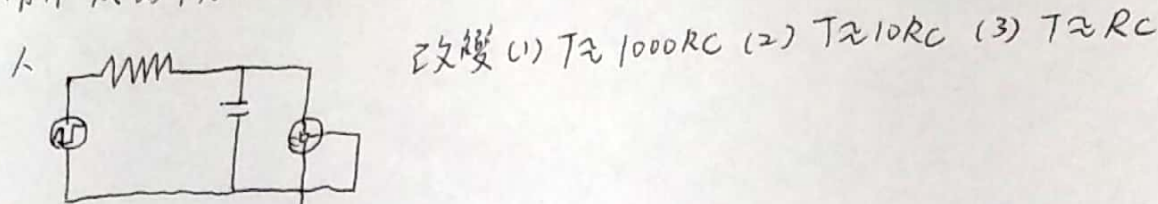


三、實驗儀器:

示波器, 訊號產生器, 電阻器, 可變電阻器, 電容器, 電感器, 三用電表, 自備表格紙

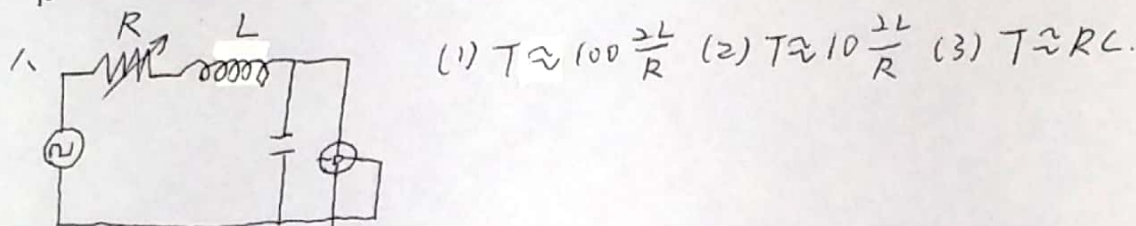
# 費馬步馬象

## (一) 用示波器觀察電容器充放電



2. 在三種不同  $T$  方波情況下，畫出方波電壓及電容器兩端電壓的圖，測量  $T$  大小。

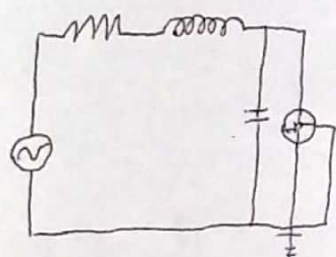
## (二) 用示波器觀察阻尼振盪



2. 將可變  $R$  調至 min. 選  $\omega$  程方波  $T$  (1) 測包跡降至  $\frac{1}{2}$  倍之  $\sqrt{2}$ ，計算  $T_0$ ，與  $\frac{\sqrt{L}}{R}$  比較  
(2) 測振盪頻率  $\omega$ ，由  $\omega_1 \approx \omega_0 \sqrt{1 - \frac{R^2}{4L}}$  求  $\omega_0$ ，與  $\frac{1}{\sqrt{L}}$  比較

3. 改變  $R$ ，找出 critical damping. 測電路總  $R_c$ ，與  $\omega_0 = \frac{R_c}{L}$  所預測之  $R_c$  比較。

## (三) 用示波器觀察振盪



$R \downarrow$  至 min. 改變  $\sin$  波  $T$ ，由小到大， $RC$  下顯示器最大振幅時，正弦波幅  $V_R$ ， $\omega_R = 2\pi V_R$  與  $\omega$  的關係圖，圖上寬  $\Delta\omega$  與  $\omega_R$  比較求  $Q$

## 五、問題預習

$Q$  = 誤差來源？

$A$  = ① 可變  $R$  沒有調至最小值

② 電路連接錯誤。