

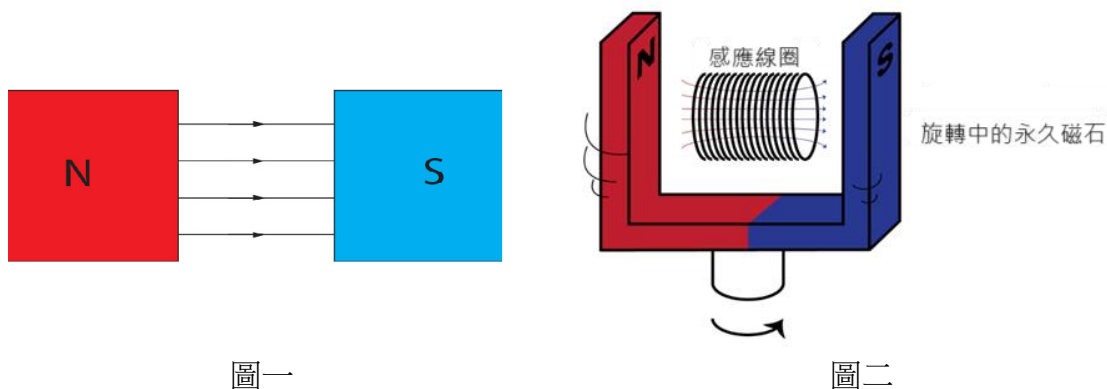
## 電磁感應

### 實驗目的

使用「Borderless Lab365」平台研究 (i) 磁石厚度（磁場強度）、(ii) 線圈匝數、及(iii) 旋轉速度對感應電動勢的影響。

### 理論

- **電磁感應**是指導體放在變化的磁場中所產生的電動勢，此電動勢稱為感應電動勢（或感生電動勢）。若將此導體閉合成一迴路，該電動勢會驅使導體內電子流動，形成感應電流。
- 根據**法拉第定律**： $\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$ （ $\varepsilon$  是感應電動勢、 $\phi$  是電路包圍的磁通量），產生在閉合迴路上的電動勢和通過任何該路徑所包圍的曲面磁通量的變化率成正比。這意味着，當通過導體所包圍的曲面磁通量變化時，如磁場本身變化時或者導體運動於磁場時，電流會在任何閉合導體內流動。
- 磁場存在於兩塊磁石間，磁力線則用於表達磁場的圖案工具，箭咀方向由北極至南極（圖一）。當導線/線圈放在磁場中，磁場通過某給定曲面而產生對應的磁通量。給定曲面上的磁通量大小與通過曲面的磁場線的個數成正比，也就是測量通過一個給定面積的總磁場（或磁力線數）。於本實驗，導體（線圈）和磁場的位置如下（圖二）。



- 通過改變穿過導線環表面的磁通量可以產生感應電動勢，這可以通過以下幾種方式實現：
  - i. 磁場發生變化（例如交變磁場，或將線圈移向磁場更強的磁棒，反之亦然）；
  - ii. 導線環的形狀發生變化，表面積也隨之改變；
  - iii. 表面積的方向改變（例如在固定磁場中旋轉導線環）；
  - iv. 上述方式的任意組合。

- 於本實驗，我們將會透過旋轉磁石改變磁通量。感應電動勢的大小隨著線圈和磁場線之間的切割角度變化而變化。例如，當線圈平行於磁場線（如圖二所示），此時的磁通量達到最大，磁通量的變化率會在瞬間變為零。因此，這個位置產生的感應電動勢等於 0。另一方面，當線圈垂直於磁場線時，磁通量為零，磁通量的變化率將會瞬間達到最大。故此磁石的轉速，磁場的強度和線圈數目均對感應電動勢的大小及頻率有所影響。
- 磁感應可應用於電力應用，例如發電機和馬達。

## 設備

- 「Borderless Lab365」平台
- 3 種不同厚度的磁石：2 mm / 3 mm / 5 mm（較厚的磁石會產生較大的磁場；位於最高的磁石的厚度最薄）
- 不同線圈數目：100 / 200 / 300 匝
- 可調較轉速的馬達：30 - 300 每分鐘轉速 (rpm)

## 實驗步驟

1. 登入「Borderless Lab365」平台，預約後進入「電磁感應」實驗模組。  
<https://labxra.edu.hk/remotelab/platform/#/>
2. 於控制面板點選相對應的按鈕，選擇磁石厚度、線圈數目、及轉速。
3. 點選「開始量度」記錄線圈產生的電動勢。在自動掃描期間，所有按鈕將被停用。
4. 等待量度結束，按鈕將再次啟用。數據將以圖表方式顯示在「量度結果」上，並以正弦曲線表示。從結果中，找出正弦曲線的電動勢峰值和週期。
5. 點選圖表右上方的選單按鈕，選擇適當的格式下載圖表 (.svg, .png, .csv)。

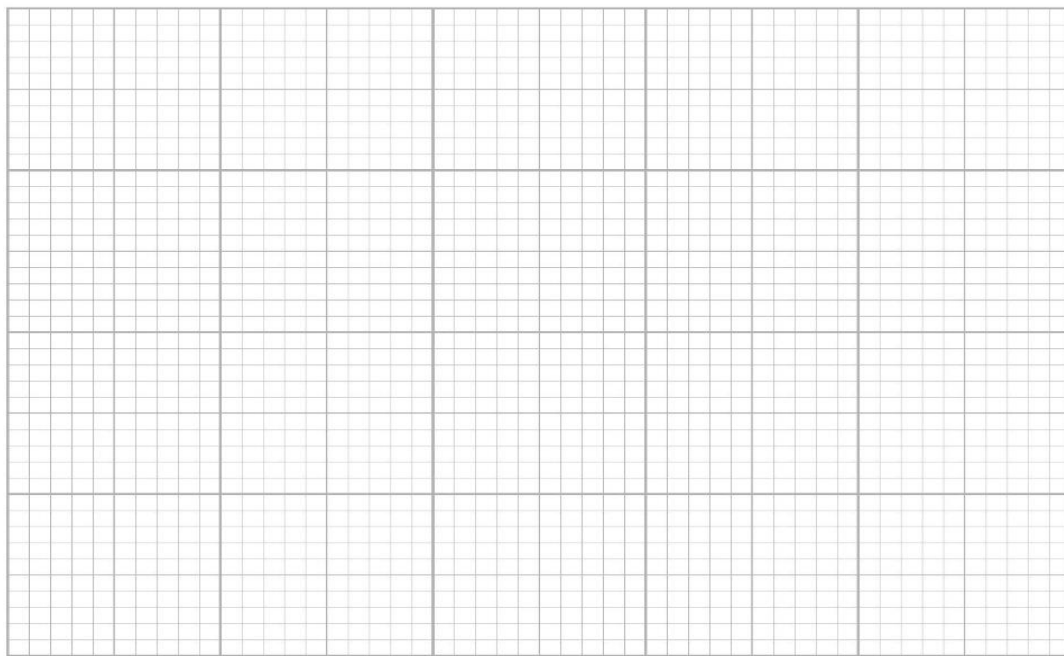


6. 使用不同的實驗參數，重複步驟 2 至 4。選擇最少三個不同的轉速並完成「實驗數據」部分內的表格。
7. 在完成實驗後，登出您的帳戶。

### 實驗數據

磁石厚度： \_\_\_\_\_ mm  
 線圈數目： \_\_\_\_\_ 匝  
 轉速： \_\_\_\_\_ rpm

繪畫線圈所產生電動勢的波形圖，即是在屏幕上觀察到的電動勢 - 時間圖。(4分)



從顯示在屏幕上的圖表中，您可使用滑鼠游標找出如下圖所示的峰值位置。頂部的值對應 X 軸（以毫秒 ms 為單位）的值，而底部的值（標記為 **series-1**）則對應於 Y 軸（以毫伏 mV 為單位）的值。



請從屏幕上顯示的圖表中找出以下資料（3分）：

週期： \_\_\_\_\_ ms  
 最大電壓： \_\_\_\_\_ V  
 估計的轉速  $\omega$ ： \_\_\_\_\_ rpm

備註：

1. 您可以通過測量振盪週期來估算轉速。
2. 要找出感應電動勢，您應該找出單個峰值（即在同一週期內）的最大值和最小值之差。要取得更好的結果，我們建議找出至少三個峰值的差，然後再取平均值。
3. 請注意最大值不等於最小值的絕對值，因為峰值並非沿 Y 軸對稱。這意味著在測量的輸出電動勢中存在零點偏移。

請根據由不同設置所獲得的的波形，填寫下表（20分）：

磁石厚度 = 2mm

	$\omega_1(\text{rpm})^*$	$\omega_2(\text{rpm})^*$	$\omega_3(\text{rpm})^*$
100 匝	mV	mV	mV
200 匝	mV	mV	mV
300 匝	mV	mV	mV

\* 您可以選擇三個不同轉速（在 30 至 300 rpm 之間）。建議選擇  $\omega_1 > \omega_2 > \omega_3$ ，且它們之間的值不應該太接近。

磁石厚度 = 3mm

	$\omega_1(\text{rpm})$	$\omega_2(\text{rpm})$	$\omega_3(\text{rpm})$
100 匝	mV	mV	mV
200 匝	mV	mV	mV
300 匝	mV	mV	mV

磁石厚度 = 5mm

	$\omega_1(\text{rpm})$	$\omega_2(\text{rpm})$	$\omega_3(\text{rpm})$
100 匝	mV	mV	mV
200 匝	mV	mV	mV
300 匝	mV	mV	mV

### 討論

- 找出以下因素如何影響感應電動勢。(3分)
  - 更高速轉動磁石
  - 使用更強(更厚)的磁石
  - 使用更多的線圈數目
 感應電動勢的週期會發生什麼變化？
- 寫出實驗中涉及的能量轉換。(1分)
- 如果線圈是不完整的電路，當磁石轉動時，線圈會否產生感應電動勢或感應電流？並加以解釋。(1分)
- 實驗裡可能出現哪些誤差？(1分) (提示：除了旋轉磁鐵之外的其他磁場源、線圈的均勻性如每一圈的面積等等)
- 請解釋實驗需要什麼額外參數來確定磁場強度的大小。(1分)
- 從數據部分顯示的圖表中，量度振盪的週期。根據這個振盪週期，找出磁石的旋轉速度並將這個值與實驗時的輸入參數進行比較，有任何差異嗎？(1分)

©香港理工大學 2024 版權所有。