

實驗四 一維運動學實驗 II

實驗目的：

將滑車靜置於近無摩擦力之鋁製軌道上，模擬阿特午機藉以測量系統加速度。

實驗儀器：

鋁製軌道，滑車，智能滑輪，光電閘(含連接線)，數位感應裝置，軌道斜面支架，砝碼，掛鉤，水平儀，電子秤，細線，直尺

實驗原理：

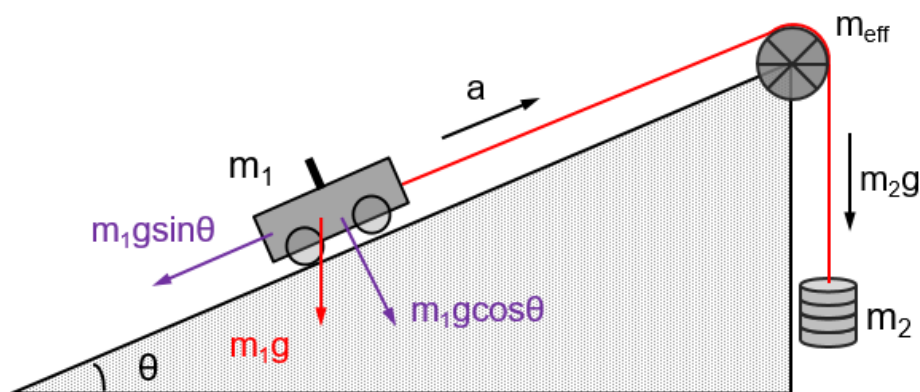
圖一為阿特午機實驗裝置示意圖。 m_1 為滑車與滑車上方砝碼總質量， m_2 為掛鉤與鉤上砝碼總質量， m_{eff} 為滑輪因轉動所產生的有效質量，系統總質量 $M = m_1 + m_2 + m_{\text{eff}}$ 。

由牛頓第二運動定律與滑車受力可知，系統作用力 F 表示如下

$$F = m_2 g - m_1 g \sin \theta = Ma$$

承上，系統加速度 a 可表示為

$$a = \frac{F}{M} = \frac{F}{m_1 + m_2 + m_{\text{eff}}} = \frac{m_2 g - m_1 g \sin \theta}{m_1 + m_2 + m_{\text{eff}}}$$



圖一 阿特午機實驗裝置示意圖。

當 $\theta \ll 1$ ，即 $\sin \theta \approx \theta$ 時，系統加速度 a 可改寫成

$$a \approx \frac{m_2 g - m_1 g \theta}{m_1 + m_2 + m_{\text{eff}}}$$

若 $m_1 \gg m_2$ 且 $m_1 \gg m_{\text{eff}}$ 時，系統加速度 a 可再簡化為

$$a \approx \frac{m_2 g}{m_1} - g \theta$$

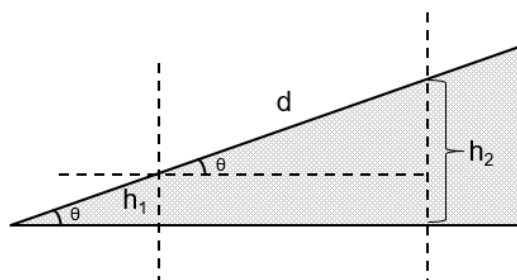
注意事項：

1. 實驗進行前務必將軌道調整為水平狀態並鎖緊螺絲。
2. 系統總質量應考慮滑輪因轉動所產生的有效質量 m_{eff} 。
3. 掛鉤與鉤上之砝碼總質量切勿過大，以免拉力過大造成細繩斷裂或滑車出軌。

實驗步驟：

➤ 實驗前校正

1. 將水平儀置於軌道上方，調整軌道下方螺絲使軌道水平。
2. 將軌道斜面支架固定於軌道其中一側，用以抬高軌道使其傾角為 θ 。
3. 以三角公式測量軌道傾角 θ (如下圖所示)。



$$\sin \theta = \frac{h_2 - h_1}{d}$$

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{h_2 - h_1}{d} \right)$$

4. 取適當長度細線，將細線一端先繫於橡皮圈後再套於滑車上方固定柱。細線另一端繫於掛鉤扣環。
5. 將細線跨於智能滑輪，調整滑輪高低位置使細線與軌道面平行。
6. 本實驗中滑輪有效質量 $m_{\text{eff}} = 4.50 \text{ g}$ 。

A. 固定掛鉤與鉤上砝碼總質量 m_2 與軌道斜面傾角 θ ，改變系統總質量 M ，觀察系統總質量 M 與系統加速度 a 兩者間的關係

1. 以電子秤測量掛鉤與掛鉤上砝碼總質量 m_2 。
2. 以電子秤測量滑車與滑車上砝碼總質量 m_1 。
3. 計算系統總質量 $M = m_1 + m_2 + m_{eff}$ 。
4. 鬆開軌道斜面支架螺絲，將軌道抬高使其斜面傾角為 θ 後，再將螺絲鎖緊。
5. 以三角公式測量軌道傾角 θ 。
6. 依軟體操作說明書設定相關參數與關係圖。
7. 將滑車置於軌道上方並以手輕壓滑車。先啟動軟體後再自由釋放滑車，數秒後可由軟體取得系統加速度 a ，以 $a = \bar{a} \pm \sigma_a$ 表示。
8. 固定系統作用力 F (即固定掛鉤與掛鉤上砝碼總質量 m_2) 與軌道斜面傾角 θ ，改變系統總質量 M (即改變滑車與滑車上砝碼總質量 m_1)，重覆上述步驟。

B. 固定系統總質量 M ，改變軌道斜面傾角 θ ，觀察軌道斜面傾角 θ 與系統加速度 a 兩者間的關係

1. 以電子秤測量掛鉤與掛鉤上砝碼總質量 m_2 。
2. 以電子秤測量滑車與滑車上砝碼總質量 m_1 。
3. 計算系統總質量 $M = m_1 + m_2 + m_{eff}$ 。
4. 以三角公式測量軌道傾角 θ 。
5. 依軟體操作說明書設定相關參數與關係圖。
6. 將滑車置於軌道上方並以手輕壓滑車。先啟動軟體後再自由釋放滑車，數秒後可由軟體取得系統加速度 a ，以 $a = \bar{a} \pm \sigma_a$ 表示。
7. 固定滑車(含滑車上砝碼)總質量 m_1 與掛鉤(含鉤上砝碼)總質量 m_2 ，改變軌道斜面傾角 θ ，重覆上述步驟。
8. 作 $a - \sin \theta$ 關係圖。

實驗問題：

1. 由實驗所得斜面加速度 a 是否可反推出重力加速度 g 值，所得數值是否與認知相同？試說明之。
2. 在本實驗中將滑車改為順著斜面向下滑動是否可行？試說明之。