

108 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽臺灣省第 4 區複賽 物理科實驗試題第一題參考解

一、原理：

阿特伍德機

利用單擺擺角小時的近似週期解 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ，求出重力加速度值 $g = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 L$ 。

再使用滑輪使物體下滑，量測物體落下時間，並利用軌跡方程式，

$$a = \frac{2h_{\text{離地距離}}}{t_{\text{落下時間}}^2}$$

計算加速度依照力學計算不考慮滑輪重量與摩擦力可得式，

$$a = \frac{m_{\text{待測物}} - m_{\text{掛碼}}}{m_{\text{待測物}} + m_{\text{掛碼}}} g = \frac{2h_{\text{離地距離}}}{t_{\text{落下時間}}^2}$$

轉換式可得待測物質量。

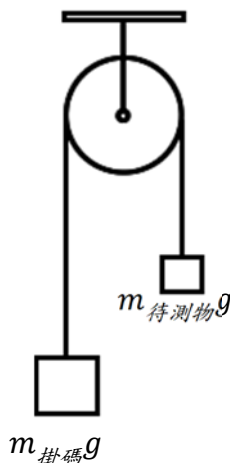
$$m_{\text{待測物}} = m_{\text{掛碼}} \frac{g + \frac{2h_{\text{離地距離}}}{t_{\text{落下時間}}^2}}{g - \frac{2h_{\text{離地距離}}}{t_{\text{落下時間}}^2}}$$

考慮滑輪重量與摩擦力可得式，

$$a = \frac{(m_{\text{待測物}} - m_{\text{掛碼}}) - \mu(m_{\text{待測物}} + m_{\text{掛碼}})}{m_{\text{待測物}} + m_{\text{掛碼}} + M_{\text{等效滑輪質量}}} g = \frac{2h_{\text{離地距離}}}{t_{\text{落下時間}}^2}$$

轉換式可得待測物質量。

$$m_{\text{待測物}} = \frac{m_{\text{掛碼}} \left(g(1 + \mu) + \frac{2h_{\text{離地距離}}}{t_{\text{落下時間}}^2} \right) + M_{\text{等效滑輪質量}} \frac{2h_{\text{離地距離}}}{t_{\text{落下時間}}^2}}{(1 - \mu)g - \frac{2h_{\text{離地距離}}}{t_{\text{落下時間}}^2}}$$



二、實驗步驟

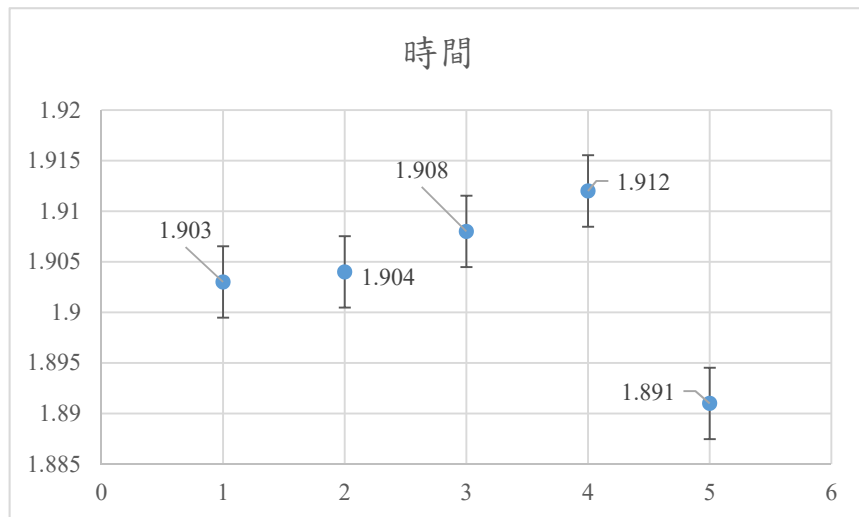
1. 使用單擺計算當地重力加速度。
2. 量測等效滑輪質量 M 與摩擦係數 μ
3. 在滑輪掛上棉線，一側為待測物，一側為掛碼。
4. 量測適當的離地距離。
5. 使物體經由滑輪落下，測量時間並記錄。
6. 增加掛碼或變更離地距離，重複步驟 3。

三、數據紀錄

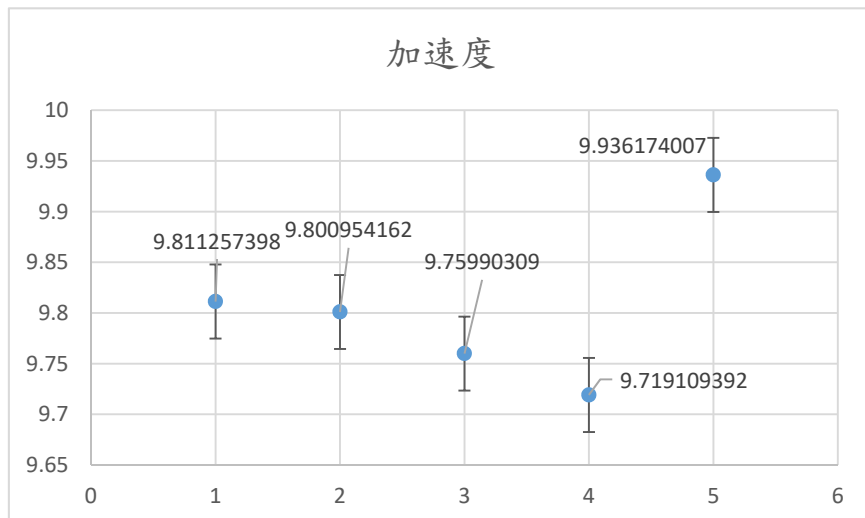
阿特伍德機

繩長 $90 \pm 0\text{cm}$		
10 倍週期 $T(s)$	週期 $T^2(s)$	加速度 (m/s^2)
19.03	3.621409	9.811257
19.04	3.625216	9.800954
19.08	3.640464	9.759903
19.12	3.655744	9.719109
18.91	3.575881	9.936174

週期 $1.9036 \pm 0.007893 (s)$

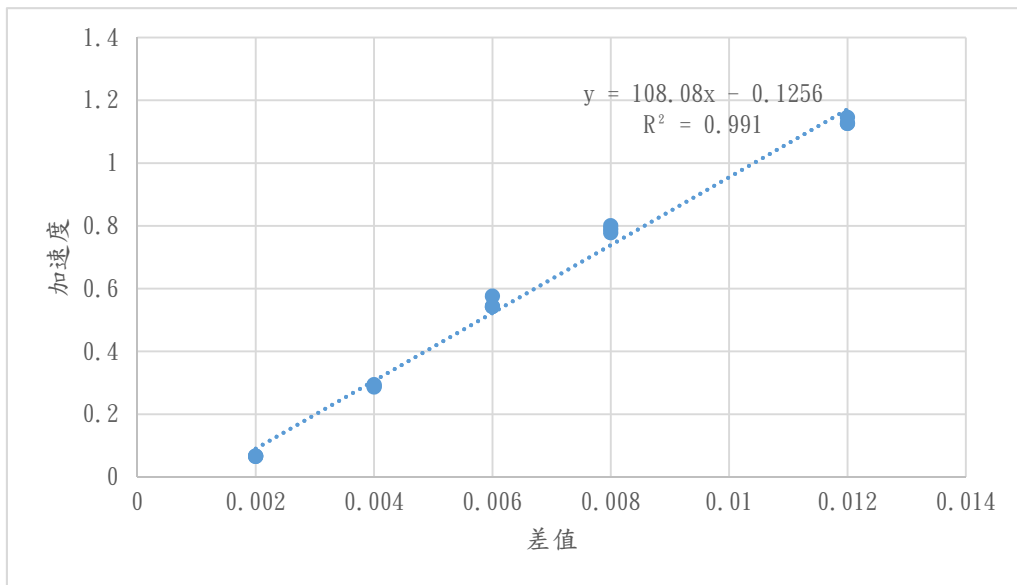


加速度 $9.80547961 \pm 0.000119347(m/s^2)$



量測等效滑輪質量 M 與摩擦係數 μ

掛碼(g)	待測側掛碼(g)	差值(g)	離地距離(m)	落下時間(s)	加速度 (m/s^2)
45	43	2	0.784	4.86	0.066385544
45	43	2	0.784	4.91	0.065040381
45	43	2	0.784	4.88	0.065842515
46	42	4	0.784	2.33	0.288824624
46	42	4	0.784	2.34	0.286361312
46	42	4	0.784	2.31	0.293847567
47	41	6	0.784	1.7	0.542560554
47	41	6	0.784	1.7	0.542560554
47	41	6	0.784	1.65	0.57594123
48	40	8	0.784	1.42	0.777623487
48	40	8	0.784	1.41	0.788692722
48	40	8	0.784	1.4	0.8
50	38	12	0.784	1.18	1.126113186
50	38	12	0.784	1.17	1.145445248
50	38	12	0.784	1.18	1.126113186



$$M_{\text{等效滑輪質量}} = \frac{g}{\text{斜率}} - (m_{\text{待測物}} + m_{\text{掛碼}})$$

$$= \frac{9.80547961(m/s^2)}{108.08} - 0.088(kg) = 0.002724275(kg)$$

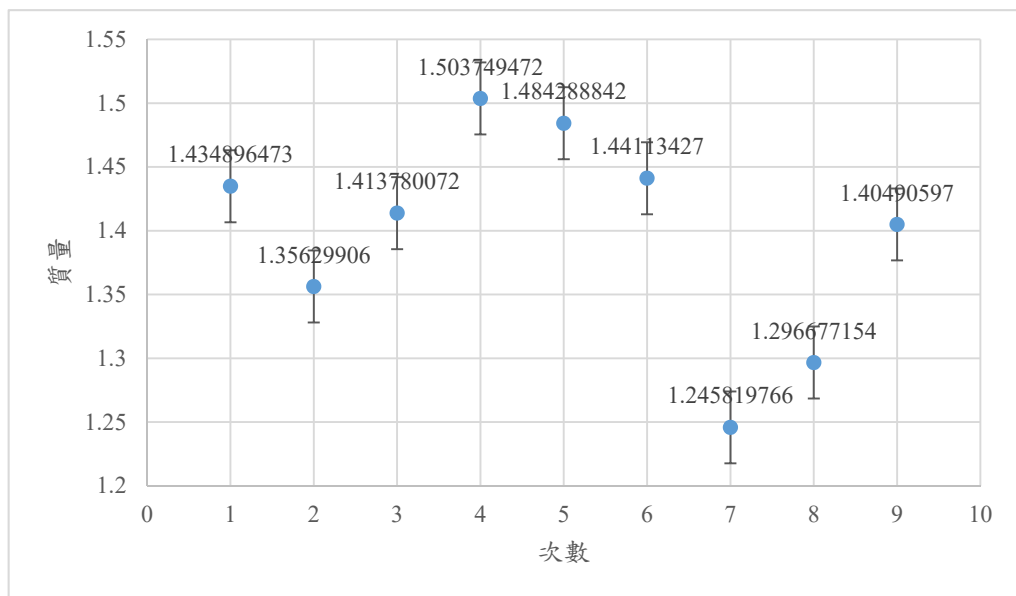
$$\mu = \text{截距} \frac{m_{\text{待測物}} + m_{\text{掛碼}} + M_{\text{等效滑輪質量}}}{(m_{\text{待測物}} + m_{\text{掛碼}})g}$$

$$= 0.1256 \frac{0.090724275(kg)}{0.088(kg) \times 9.80547961(m/s^2)} = 0.013205706(kg)$$

待測物瓶蓋

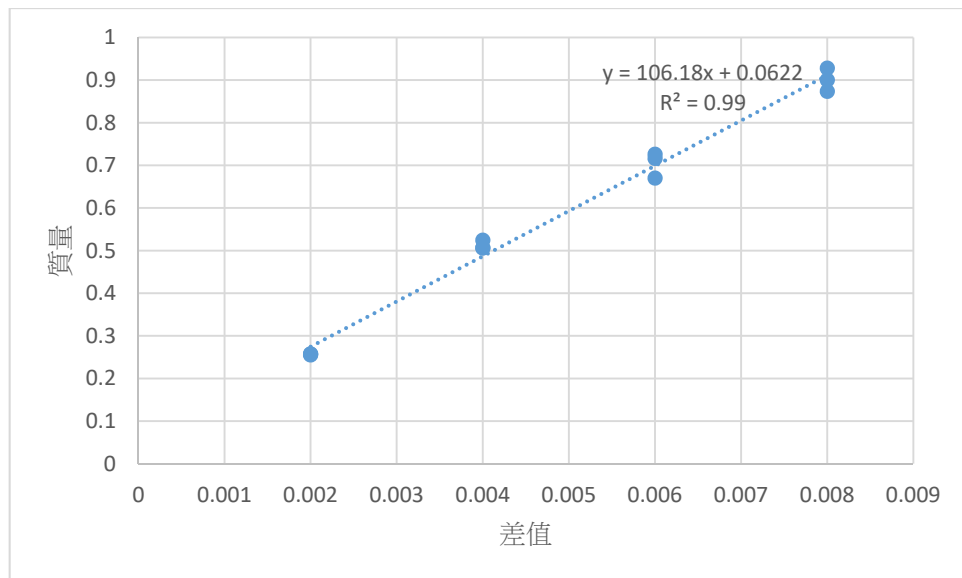
掛碼(g)	待測側掛碼(g)	離地距離(m)	落下時間(s)	加速度 (m/s ²)	待測物(g)
10	10	0.512	1.48	0.467494522	1.434896473
10	10	0.512	1.53	0.437438592	1.35629906
10	10	0.51	1.49	0.459438764	1.413780072
10	10	0.672	1.65	0.493663912	1.503749472
10	10	0.67	1.66	0.486282479	1.484288842
10	10	0.671	1.69	0.469871503	1.44113427
10	10	0.774	1.98	0.394857668	1.245819766
10	10	0.772	1.93	0.414507772	1.296677154
10	10	0.772	1.84	0.456049149	1.40490597

待測物瓶蓋質量 $1.39795012 \pm 0.084639989(g)$



待測物瓶蓋(應用斜率)

掛碼(g)	待測側掛碼(g)	差值(g)	離地距離(m)	落下時間(s)	加速度 (m/s ²)
43	45	2	0.784	2.47	0.257011261
43	45	2	0.784	2.48	0.254942768
43	45	2	0.784	2.47	0.257011261
42	46	4	0.784	1.73	0.523906579
42	46	4	0.784	1.76	0.506198347
42	46	4	0.784	1.76	0.506198347
41	47	6	0.784	1.53	0.669827844
41	47	6	0.784	1.47	0.725623583
41	47	6	0.784	1.48	0.715850986
40	48	8	0.784	1.32	0.899908173
40	48	8	0.784	1.3	0.927810651
40	48	8	0.784	1.34	0.873245712



$$\begin{aligned}
 \text{瓶蓋質量} &= \frac{g}{\text{斜率}} - (m_{\text{待測物}} + m_{\text{掛碼}} + M_{\text{等效滑輪質量}}) \\
 &= \frac{9.80547961(\text{m/s}^2)}{106.18} - 0.090724275(\text{kg}) = 0.001623433(\text{kg})
 \end{aligned}$$

待測物墊片

掛碼(g)	待測側掛碼(g)	離地距離(m)	落下時間(s)	加速度 (m/s ²)	待測物(g)
10	0	0.714	0.85	1.976470588	16.16968612
10	0	0.71	0.82	2.111838192	16.68677061
10	0	0.71	0.86	1.919956733	15.95915211
20	0	0.7	1.33	-0.791452315	17.26440421
20	0	0.701	1.43	-0.685608098	17.67289041
20	0	0.7	1.39	-0.724600176	17.52144043
30	10	0.67	1.76	-0.432592975	18.08432288
30	10	0.67	1.67	-0.480476173	17.79763756
30	10	0.671	1.81	-0.409633406	18.22275151

待測物墊片質量 $17.26433954 \pm 0.817290789(g)$

