

103學年度高級中等學校數理及資訊學科能力競賽

高雄區複賽物理科實驗一參考解

一、實驗原理

當彈簧受到拉力，彈簧的長度會變長。若彈簧的伸長量 x 正比於拉力 F ，也就是 $F=kx$ ，此即虎克定律，其中 k 為彈簧的彈性係數。如將此彈簧其中一端固定並懸吊起來時，在另一端吊掛重物，此重物質量為 M ；用手輕拉重物，使彈簧具有一段伸長量後放手，此時彈簧作簡諧振盪運動。如振盪過程中無摩擦力作用，視質量為零的理想彈簧時，其運動週期為 $T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$ 。實驗中的彈簧並非為理想彈簧，故需考慮彈簧質量 m_s ，週期為 $T = 2\pi\sqrt{\frac{AM + Bm_s}{k}}$ ，其中 A 、 B 為質量修正係數。

二、實驗步驟

1. 利用浮力量測彈簧質量

- 1-1. 將其中一個透明塑膠杯作為下杯並裝滿水。
- 1-2. 另一塑膠杯當作上杯，上杯再放入總共 40g 的掛碼。(備註：可利用膠帶固定掛碼)
- 1-3. 將上杯放入在裝滿水的下杯中，排出多餘水量。
- 1-4. 利用量筒量測下杯剩餘水量。
- 1-5. 再將上杯內總共放入 40g 掛碼以及實驗用彈簧，重複步驟 1-3. 及步驟 1-4.。
- 1-6. 將兩次實驗剩餘水量之差值求出實驗用彈簧之質量。

2. 求彈簧之彈性係數

- 2-1. 利用單擺週期方式求出特定擺長。
- 2-2. 將特定擺長的 2^{-6} 倍長度作為紙尺的一單位。
- 2-3. 彈簧固定在支架上，利用紙尺量原長。
- 2-4. 彈簧掛上不同數量的掛碼並藉由紙尺量彈簧長度。
- 2-5. 利用步驟 2-4. 的結果求出彈簧之彈力常數。

3. 求簡諧運動的質量修正係數 A 、 B 值

- 3-1. 將彈簧其中一端固定並懸吊起來時，在另一端吊掛質量為 M 的重物。
- 3-2. 用手輕拉重物，使彈簧具有一段伸長量後放手，此時彈簧作簡諧振盪運動並量測其週期。
- 3-3. 改變重物質量，重複步驟 3-1. 及步驟 3-2. 量測其對應週期。
- 3-4. 將實驗求出的週期與其對應質量 M 作圖，求出係數 A 與 B 。

三、實驗數據與結果分析

1. 利用浮力量測彈簧質量 m_s

上杯內容物	下杯水量(ml)					平均水量(ml)
上杯(40g 掛碼)	191.9	193.5	193.0	192.9	192.5	192.76
上杯(40g 掛碼+彈簧)	182.5	183.0	182.3	182.5	182.0	182.46

彈簧質量 m_s :

$$(192.76 - 182.46) \times 1 = 10.30 \text{ (g)}$$

2. 求彈簧之彈力常數

利用單擺週期求擺長

10T(sec)					平均 T (sec)
13.97	13.93	13.94	13.97	13.91	1.394

擺長 :

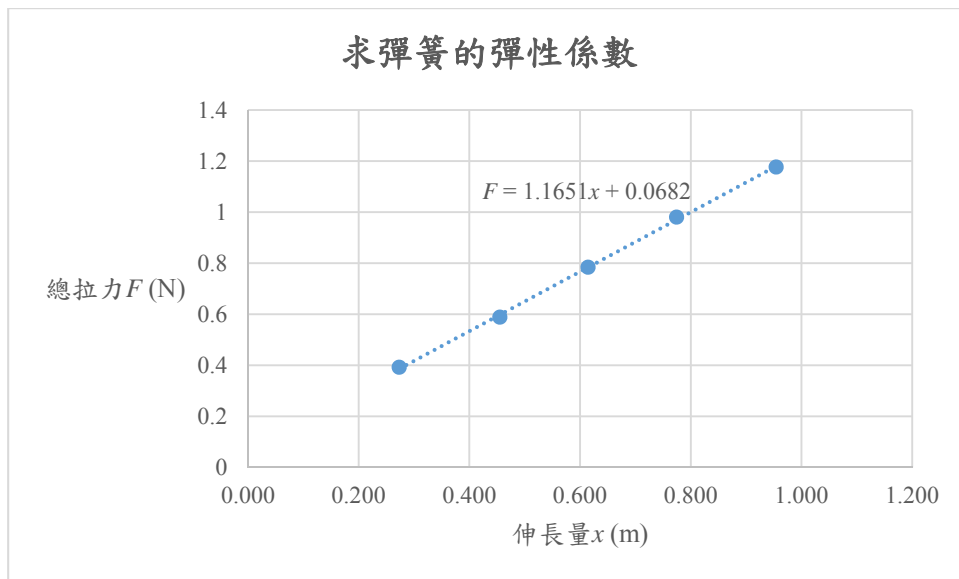
$$L = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = 48.31 \text{ (cm)}$$

將擺長六次對折的長度為一紙尺單位長，

$$\text{而一紙尺單位長為 } \frac{48.31}{2^6} = 0.755 \text{ (cm)}$$

求彈簧的彈力常數

掛碼數(個)	掛碼總重(gw)	掛碼總重(N)	彈簧長度 (紙尺單位長)	伸長量(m)	每 20g 的伸 長量差值(m)
0	0	0	9.00	0.0000000	
1	20	0.196	22.50	0.1019143	0.1019
2	40	0.392	45.20	0.2732814	0.1714
3	60	0.588	69.30	0.4552174	0.1819
4	80	0.784	90.40	0.6145058	0.1593
5	100	0.98	111.60	0.7745490	0.1600
6	120	1.176	135.40	0.9542203	0.1797

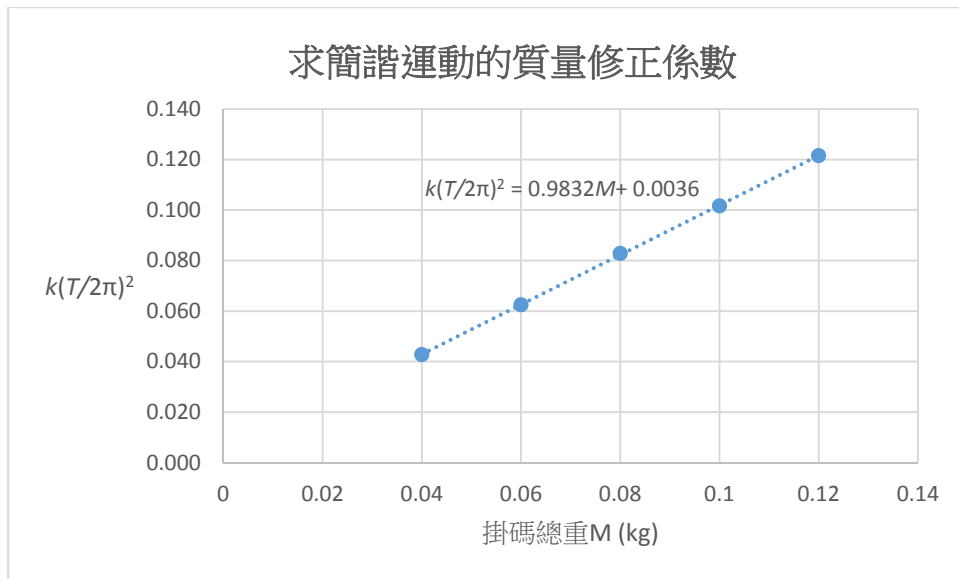


在每 20g 的伸長量差值可發現此彈簧為拉伸彈簧的一種，而總掛碼質量為 20g 時，伸長量會受彈簧的初張力影響，故不可列入計算。

由數據圖的趨勢線得知，此彈簧的彈性係數為 1.1651 (N/m)。

3. 求簡諧運動的質量修正係數 A 、 B 值

掛碼數 (個)	掛碼總質 量(kg)	10T(sec)					平均 T(sec)	$k(T/2\pi)^2$
2	0.04	12.06	12.03	11.97	12.00	12.12	1.204	0.043
3	0.06	14.54	14.53	14.54	14.56	14.56	1.455	0.063
4	0.08	16.75	16.75	16.79	16.75	16.69	1.675	0.083
5	0.10	18.57	18.55	18.52	18.57	18.53	1.855	0.102
6	0.12	20.34	20.26	20.25	20.29	20.28	2.028	0.122



簡諧運動的週期公式(M 為重物質量, m_s 為彈簧質量)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{AM + Bm_s}{k}} \Rightarrow k\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = AM + Bm_s$$

由圖表中的趨近線可得知

$$A = 0.9832, \quad B = \frac{0.0036}{m_s} = \frac{0.0036}{10.30 \times 10^{-3}} = 0.34951$$

四、討論

1. 利用浮力量測彈簧質量時, 可增加適量的掛碼使上杯重心降低而不易搖晃。
2. 可利用膠帶固定上杯內容物, 使上杯重心穩定。
3. 利用滴管將下杯的水量添滿, 減緩放入上杯而水面搖晃所造成的水量流失。
4. 量測簡諧振盪運動或單擺運動的週期時, 一次量測多週期的時間, 可減少人為的反應誤差。
5. 量測伸長量時, 可先利用拉緊後的棉線將彈簧長度記錄下來, 再使用自製尺做量測。
6. 單擺運動時, 注意不要產生錐擺或扭擺的情形發生。
7. 利用小角度做單擺運動, 可減少週期上的誤差。
8. 簡諧振盪的振幅不可太大, 使彈簧能均勻的伸長與收縮量測正確振盪週期。
9. 簡諧振盪時, 注意重物及彈簧不可產生扭轉的情形發生。