

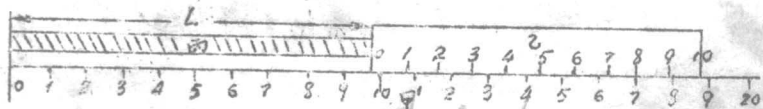
實驗一 基本儀器的運用

(1) 游標測徑器：

目的：用游標測徑器測定空心金屬圓筒的內外直徑及深度。

儀器：游標測徑器，空心金屬圓筒。

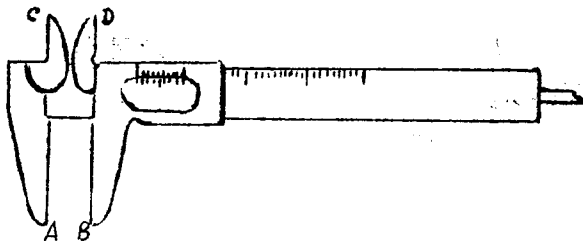
游標之原理：普通米尺的最小刻度很少有較半毫米為小的，因此較半毫米更小的讀數，便只能估計，使用游標後便可以很方便很確實的讀出較最小刻度更小的讀數。圖中甲為米尺，乙為游標。游標共分十個相等分度，其全長與米尺之九個分度（即九毫米）相當，故游標上每一分度之長度為米尺上每一分度之  $\frac{9}{10}$ （即  $\frac{9}{10}$  毫米）而兩種分度之差為  $\frac{1}{10}$  毫米，設丙為欲測之物體放置如圖，一端與米尺上之 0 線相齊，他端與游標上之 0 線相接，則此物之長度  $L$  必等於米尺上之 0 線與游標上之 0 線相隔之距離，此物體之長度即為 9 毫米加一小數部分，此小數部分即等於游標之 0 線與米尺之第 9 分度線間之距離。再看游標上之分度線中第幾分度線與米尺上之任何一分度線相對齊，由圖中可見游標之第 8 線與米尺之第 17 線相對齊，既知游標上每一分度為  $\frac{9}{10}$  毫米，則游標上 0 線至第 8 線為 8 分度即等於米尺上  $8 \times \frac{9}{10} = 7.2$  毫米，而米尺上第 17 線至第 10 線間為 7 毫米，因此知第 10 線至游標上 0 線間之距離為  $7.2 - 7.0 = 0.2$  毫米，故上述之小數部分應為  $1 - 0.2 = 0.8$  毫米，由此得物體丙之長度為 9.8 毫米。



—2— 普通物理實驗(上)

由上例可知用游標量一物體之長度時，由游標 0 線之位置可得所量長度中毫米之整數，由游標上與米尺上相對齊之一線，可得所量長度中毫米之第一位小數。若游標上無一線恰與米尺上之分度線相對齊，則可取最近於對齊的一線。

**游標測徑器之用法：**將被量物體夾入游標測徑器中與鉗口兩半相接觸，用上法讀出器上之讀數，即為被量物體之長度。設所用之鉗口係 A 與 B，則可測量物體之外直徑。用 C 與 D，則可測量物體之內直徑，並且可用 A B 量物體之長度用 C D 量二平面或二點間之距離。



**步驟：**1. 先校正零點：將游標尺移動，使 A B 二鉗口相合，看主尺上之零線 0 是否與游標尺上之零線 0 相合，不相合時，若游標尺的 0 在主尺 0 之左則零點應用主尺 0 之左 ( $1-0 \cdot p$ ) 處，故今後測得物體長度後需加零點之校正，物體實在長度為  $X+(1-0 \cdot p)$  若游標尺的 0 在主尺 0 之右則測出物體實在長度為  $(X-0 \cdot p)$ 。

2. 把欲量之物體夾入兩鉗口，記下此時讀數。

**數據：**游標測徑器之零讀數 =                      毫米

測量 次數	游標測徑器讀數(毫米)		
	圓筒之內徑	外徑	深度
1			
2			
3			
4			
平均值			

**計算與結果：**

求出空心金屬圓筒之體積

**(2)螺旋測微計：**

**目的：**用測微計測短距離。

**儀器：**測微計，玻璃片，圓球，金屬方塊。

**原理：**在上面實驗中已學習過：凡長度不足一最小刻度時，可用游標尺決定一格以下之小數，但限於尺上之刻度不能過分細密，所以在測定  $\frac{1}{10}$  毫米以下的長度時必須應用更靈敏的方法。本實驗所用的測微計以螺旋身在螺旋套中旋轉一週就前進一個螺距，假如螺距為  $\frac{1}{2}$  毫米，則順轉一週，螺旋身就前進  $\frac{1}{2}$  毫米，倒轉一週就後退  $\frac{1}{2}$  毫米。在測微計上有二種制度，在螺旋桿上的刻度是長度通常每格等於一毫米（也有半毫米的），叫做毫米格，沿螺旋套外展週圍又刻成 50 等分，叫做圓周格，因此每一圓周格前進一格，螺旋的本身即前進  $\frac{1}{2}$  毫米的  $\frac{1}{50}$  也就是前進  $\frac{1}{100}$  毫米，如目力再能估計到每一圓周格的  $\frac{1}{10}$ ，則螺旋本身的進退距離可讀到  $\frac{1}{10} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{50}$

—4— 普通物理實驗(上)

$$= \frac{1}{1000} \text{ 毫米。}$$

步驟：先視察一下測微計的刻度，再旋轉螺旋身，使兩夾物牙漸漸靠近，當兩牙快接觸時，手持螺旋身末端之小柄，慢慢轉動棘輪，至其發軋軋聲後，再輕輕轉動兩週（此時切不可用力旋轉螺旋身），記下零點讀數，然後把欲量之物夾入兩牙門，再轉動螺旋身末端之小柄，記下此時之讀數，因螺旋每旋一週只進半毫米，故讀過轉之刻度時，如見已超過半毫米，應外加 50 同法量圓球之直徑，量時夾在圓球的最大圓面上。

數據：測微計零讀數 = \_\_\_\_\_ 毫米。

測微計讀數 (毫米)

測量次數	玻璃片厚	圓球直徑	金屬方塊第一邊	第二邊	第三邊
1	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____	_____	_____
平均值	_____	_____	_____	_____	_____

計算與結果：

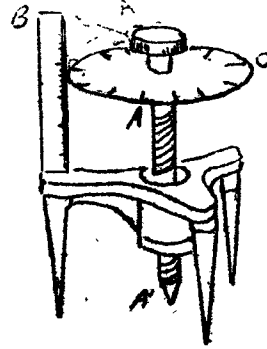
- (1) 求圓球的體積；
- (2) 求金屬方塊的體積。

(5) 球徑儀；

目的：用球徑儀測球之半徑，及物體之厚度。

儀器：球徑儀，銅球，玻璃片。

球徑儀之構造及原理：球徑儀之構造如圖，下列三足常對稱於中央螺旋桿  $AA'$ ，一足之上豎有標尺  $B$ ，螺旋桿  $AA'$  之上端附有圓盤  $C$ ， $C$  之周圍又分為 100 等分，旋轉  $AA'$  時所引起之距離可由圓盤邊緣在  $B$  尺度上所示讀數得知，假定  $AA'$  每旋轉一週在  $B$  上所引距離為 0.05 厘米，而  $C$  周圍分為 100 等分，則此等分能測之最小量為 0.0005 厘米。



1. 測厚度時，先將球徑儀置於平面玻璃板上，旋轉  $AA'$  至  $A'$  端與玻璃板相接觸時，由  $B$  及  $C$  盤記下其讀數，再旋上  $AA'$ ，置欲測厚度之物體於  $A$  下，將  $AA'$  旋下，使  $A'$  端與物體相觸，復記下其讀數，則前後二讀數之差，即為欲測之厚度。

2. 測球徑時先如前法將球徑儀置於平玻璃板上，令  $A'$  端與玻璃板相接觸而記下讀數，次將  $AA'$  旋上，移此儀器於所測球上，使  $A'$  端與球頂相接觸，記下讀數，則通過三足尖所成之平面  $D'D'D'$  至球頂之距離即二讀數之差，命為  $d$ 。若將三足尖印諸紙上，成一等邊三角形，邊長為  $l$ ，則球之半徑  $R$  可由下式求得：

令  $B, D$  為等邊三角形  $D'D'D'$  之外接圓半徑，

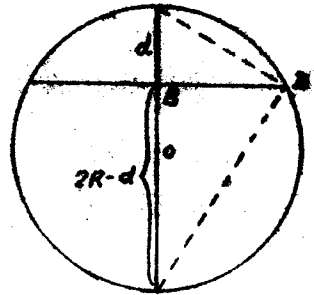
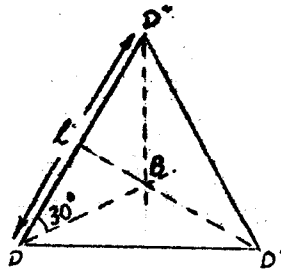
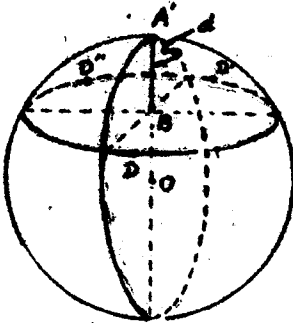
—6— 普通物理實驗 (上)

$$\overline{BD} \cos 30^\circ = \frac{l}{2} \quad \therefore \overline{BD} = \frac{l}{\sqrt{3}}$$

$$\overline{BD}^2 = d(2R-d) \quad \therefore \frac{l^2}{3} = d(2R-d)$$

故得

$$R = \frac{l^2}{6d} + \frac{d}{2}$$



步驟：1. 先定零點，將球徑儀放在平玻璃板上，使 A 端觸於玻璃面，讀出 S 及 C 盤之數值。

2. 旋上 AA'，再使 A' 觸於物體上，讀出 S 及 C 之數值。

3. 同法校正零點。

4. 將銅球放在平板上，使 A 觸於球頂，讀出 S 及 C 之數值。

5. 將球徑器放在平紙上，在紙上點出各足點，用游標測徑器量出等邊三角形各邊之長度 l。

數據：

測量物體厚度	球徑儀讀數 (厘米)		
	A' 觸平玻璃板讀數 (a)	A' 觸物體表面讀數 (b)	厚度 (b-a)
1	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____

測量銅球半徑	A'觸平玻璃讀數(a)	A'觸球面之讀數(b)	$d = b - a$
1	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____
			平均 _____
			平均 _____

各足點之距離  $l$  : \_\_\_\_\_

- 計算與結果：
1. 求物體之厚度。
  2. 求銅球之半徑。

(A) 物理天平：

目的：用物理天平測物體質量。

儀器：物理天平，螺旋測微器實驗中已量過的金屬圓球，方塊。

步驟：1. 校動天平支架底上的螺旋，使架上所懸鉛錘尖端與架底的指尖相合。

2. 將天平的掛盤掛好，看指針是否能停在刻度的中間，如稍有偏轉，則可以調整樑上的螺旋使它回到中間。

3. 把待測質量的物體（金屬圓球，方塊）放在天平左盤上，在右盤中放砝碼使兩盤平衡，當所需的砝碼小於1克時，可以利用天平樑上的游碼，改變它的位置，以使指針完全回到刻度的中間，物體質量就等於砝碼加游碼讀數。

數據：金屬圓球質量 \_\_\_\_\_ 克

金屬方塊質量 \_\_\_\_\_ 克

—8—(上) 普通物理實驗

計算與結果：由螺旋測微器實驗中所得的圓球直徑和方塊各邊長度計算圓球方塊之體積，並據以計算其密度。



## 實驗二 密度的測量

### (一) 固體密度的測量

目的：用阿基米德原理測定固體的密度。

原理：一物質每單位體積所含的質量，稱為該物質的密度。物體的質量可由天平上稱得之，若物體的形狀是有規則的，其體積可用螺旋測微器測得之。則由它的質量與體積之比就可求得其密度。但普通物體的質量是用天平量出的，所得的值是物體在空氣中的視重  $W_1$ ，在真空中的實重  $W$  可用下式求得。

$$W = W_1 \left[ 1 + 0.00129 \left( \frac{1}{D_s} - \frac{1}{8.5} \right) \right] \quad (1)$$

(1)式中  $D_s$  表物體的密度。

但若物體的形狀是不規則的，則可用阿基米德原理求密度或比重，並且可利用它求任何形狀物體的體積。

用阿基米德原理求固體的密度時，先將物體在空氣中稱得重量  $W'$ ，再將它掛在水中，則失重  $W_1$ ，即該物體所排出的水量，欲得實際的密度，則  $W'$ ， $W_1$  必須化為在真空中的實重，設  $W$  為物體的實重， $W_1$  為所排開水的實重， $S$  為固體實際的密度， $d$  為空氣的密度 ( $=0.00129$ 克/C.C.)， $S_1$  為實驗時溫度下水的密度， $D_w$  為砝碼的密度，則有

$$W - W \frac{d}{S} = W' - W' \frac{d}{D_w} \quad (1)$$

$$W_1 - W_1 \frac{d}{S_1} = W_1' - W_1' \frac{d}{D_w} \quad (2)$$

由 (1) 得

$$\frac{W}{W_1} = \frac{W'}{W_1'} \times \frac{S_1 - d}{S - d} \times \frac{S}{S_1} \quad (3)$$

但  $\frac{W_1'}{S_1} = \frac{W'}{S}$  = 物體的實際體積，故

$$S = \frac{W'}{W_1'} (S_1 - d) + d \quad (4)$$

儀器：物理天平，燒杯，鋁塊，蒸餾水，螺旋測微計，溫度計。

10 普通物理實驗 (上)

步驟：1. 用螺旋測微器量鋁塊的體積 (每邊量四次平均之)。

2. 用天平稱得鋁塊的質量 (將鋁塊放在左盤中)。

3. 將小架架在左盤上 (不與左盤相接觸)，在架上放一裝有蒸餾水的小瓷杯，把細線圈掛在天平的左鉤上，將鋁塊放在上面的一個圈上 (在空氣中的)，稱得重量  $W'$ 。將鋁塊移至下面圈上 (在水中的)，稱得總重  $W_2'$  則

$$W_1 = W' - W_2'$$

4. 用溫度計測得當時的水溫。

記錄及計算：

(I) 用直接法求物體的密度

(1) 鋁塊的體積：(圓柱體)

測量 次數	螺旋測微器讀數 (毫米)	
	直徑 $d$	高度 $h$
1		
2		
3		
4		
平均值		

體積  $V = \frac{\pi d^2 h}{4} = \underline{\hspace{2cm}}$  厘米<sup>3</sup>

(2) 鋁塊在空氣中重  $W = \underline{\hspace{2cm}}$  克

鋁塊在真空中重  $W = W' \left[ 1 + 0.00129 \left( \frac{1}{D_s} - \frac{1}{2.5} \right) \right]$   
 $= \underline{\hspace{2cm}}$  克

式中  $D_s = \frac{W}{V} = \underline{\hspace{2cm}}$  克 / 厘米<sup>3</sup>

(3) 鋁塊的密度  $D = \frac{W}{V} = \underline{\hspace{2cm}}$  克 / 厘米<sup>3</sup>

(H) 用阿基米德原理求物體的密度：

(4) 鋁塊在空氣中重  $W' = \underline{\hspace{2cm}}$  克

鋁塊在蒸餾水中重  $W_2' = \underline{\hspace{2cm}}$  克

鋁塊失重  $W_1' = W' - W_2' = \underline{\hspace{2cm}}$  克

在室溫  $\underline{\hspace{1cm}}^\circ\text{C}$  時水的密度  $S_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  克 / 厘米<sup>3</sup>

空氣密度  $d = 0.00129$  克 / C.C.

(5) 鋁塊密度  $S = \frac{W'}{W_1'} (S_1 - d) + d = \underline{\hspace{2cm}}$  克 / 厘米<sup>3</sup>

鋁塊體積  $V = \frac{W'}{S} = \underline{\hspace{2cm}}$  厘米<sup>3</sup>

(I) 比較(1)(3)與(5)的結果，並討論之。

#### (二) 液體的比重的測定

目的：用比重瓶，比重秤，比重計，測定液體的比重。

原理：A. 比重瓶：比重瓶是一小玻璃瓶，上口具有一合適的玻璃塞，塞中心有一個孔，以便瓶內過多的液體可以流出，設  $W$  為空瓶重， $W_w$  為在實驗時溫度下裝滿水的總重， $W_l$  為裝滿液體的總重，則因空瓶的體積在一固定溫度下為一常數，故液體的比重  $d_l$  為

$$d_l = \frac{W_l - W}{W_w - W} \times d$$

式中  $d$  表在實驗時溫度下水的比重，在這一實驗中除非液體的比重很大，我們就可以不必加以浮力的校正。

2. 慕爾比重秤，用以測液體的比重可直接讀出結果，圖中

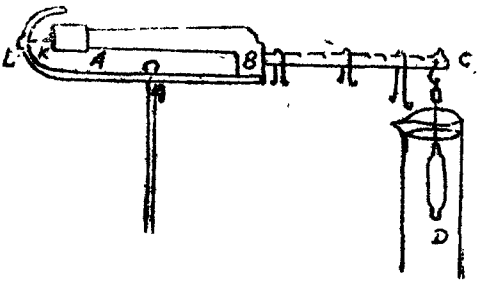
A B C 為秤桿，B 為支點，B C 間分為十等分，桿之一端 C (第十等分) 裝有鉤子，D 為物以細金屬線懸於鉤 C，D 掛在空氣中時，則秤適理平衡，指針 K 恰指 L 之尖端

—12—普通物理實驗(上)

，若將 D 沉入一液體中，則秤上受液體使於 D 上浮力的作用，要使秤回復平衡，必須在秤上加砝碼，比重秤所用砝碼分四種，它們重量

之比為 1:0.1:0.001 L

，(當 D 沉於 15°C 之蒸餾水中如掛最大砝碼於 C 則可使秤回復平衡)其最大砝碼之



重等於與 D 同體積的水重。故根據阿基米德原理，調節各個砝碼位置使秤回復平衡，記下此時砝碼的讀數就等於此液體之比重。

3. 比重計：一固體浮在液體上時，它所排開的液體之重等於固體自己的重量  $w$ ，排開液體的體積等於固體浸入的體積，故將同一固體浮在不同的液體上時，浸入部分的體積反比於液體的密度，比重計的構造就根據於這一原理，當它浮在液體上時它的長莖直立於液面外，長莖露在液面外的長度可作為浸入部分之體積或液體比重的量度，通常長莖上的刻度先經校準，可直接讀出比重。

儀器：比重瓶，燕爾比重秤，比重器，物理天平，酒精，蒸餾水，鹽水，溫度計。

步驟：1. 比重瓶：將乾燥清潔的比重瓶在天平上稱出重量，以液體注入瓶中，插上瓶塞，候多餘之液體自細孔溢出，拭乾瓶外周圍，再稱其重量，傾出液體以蒸餾水洗清此瓶，再注滿以蒸餾水，稱其重量如前。

2. 慕爾比重秤

掛重物 D 於秤桿上 ( D 常為一小溫度計兼可指出液體溫度 ) 調節秤的水平螺旋, 使秤桿尖端 K 與指針 L 接觸, 盛被測的液體於量筒內, 沉 D 其中, 試掛各個砝碼於秤桿分度上至 K, L 回復接觸為止, 記錄其讀數。

為避免儀器製造上的不够精確, 可將 D 沉入蒸餾水中同樣加上 碼以取得平衡, 則液體密度可由前所得砝碼讀數與此時之讀數的比值再乘室溫時水的密度而得到。

3. 比重計 放此比重計於液體中, 讀出液面在比重計上之讀數。

記錄及計算:

1. 比重瓶: 液體名稱 \_\_\_\_\_

空瓶重  $W =$  \_\_\_\_\_ 克

盛液體的重  $W_l =$  \_\_\_\_\_ 克

盛水時重  $W_w =$  \_\_\_\_\_ 克

在室溫 \_\_\_\_\_ °C 時水的密度  $d =$  \_\_\_\_\_ 克 / C.C.

液體比重  $d_l = \frac{W_l - W}{W_w - W} \times d =$  \_\_\_\_\_

2. 慕爾比重秤: 液體名稱 \_\_\_\_\_

稱液體時讀數  $S_l =$  \_\_\_\_\_

稱水時讀數  $S_w =$  \_\_\_\_\_

在室溫 \_\_\_\_\_ °C 時水的密度  $d =$  \_\_\_\_\_ 克 / C.C.

液體比重  $d_s = \frac{S_l}{S_w} \times d =$  \_\_\_\_\_

3. 比重計: 液體名稱 \_\_\_\_\_

比重 \_\_\_\_\_

實驗三 自由落體

目的：求自由落體的加速度。

原理：物體自由落下是等加速運動的一種，若物體自靜止位置出發，以等加速度  $a$  運動，經過時間  $t$  後，所行距離為  $S$  則

$$S = \frac{1}{2} at^2$$

設  $S_1$   $S_2$   $S_3$   $S_4$  各表示物體在第 1, 第 2, 第 3, 第 4 的單位時間 (某一種時間單位) 內所行的距離則

$$S_1 = \frac{1}{2} a$$

$$S_2 = \frac{4}{2} a - \frac{1}{2} a = \frac{3}{2} a \quad (2)$$

$$S_3 = \frac{9}{2} a - \frac{4}{2} a = \frac{5}{2} a$$

$$S_4 = \frac{16}{2} a - \frac{9}{2} a = \frac{7}{2} a$$

由此可見相鄰兩單位時間內所行距離之差相等，而等於加速度  $a$

$$a = S_2 - S_1 = S_3 - S_2 = S_4 - S_3 \quad (3)$$

若所用之時間單位為  $T$  秒而不等於 1 秒，則(3)式應為

$$g = a \left( \frac{1}{T^2} \right) = \frac{1}{T^2} (S_2 - S_1) \quad (4)$$

在實驗中可藉音叉振動所發波紋測得音叉自由降落的路程及其降落其路程所需時間。設  $N$  為音叉的頻率 (即每秒振動之次數)  $M$  為所測距離間的振動次數，則  $\frac{M}{N}$  秒即為降落此段距離所需的時間，以  $\frac{M}{N}$  秒為時間單位則重力加速度

$$g = \left( \frac{N}{M} \right)^2 a \quad \text{即} \quad g = \left( \frac{N}{M} \right)^2 (S_2 - S_1) \quad (5)$$

儀器：自由落體儀，電池，米尺。

步驟：1. 在音叉下端懸一鉛垂線，調節架座螺釘，使音叉能垂直降落，然後取去此線，將架上玻璃板取下，用粉水平均塗白後再裝上調節音叉端之小針，使與板接觸，將電池接好，

旋音叉旁的螺釘，使音叉振動，撥開掛鉤，任其降落，小針在板上劃出波紋，音叉着架底後停止電流。

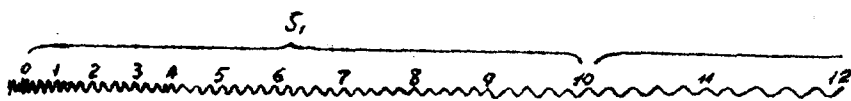
2. 將粉板向旁略移，再試驗一次，所得波紋均須明晰無缺。

3. 取下粉板放在桌上：

(1) 在各波紋起始分開之波峯處作一短直線並注以 0 字在旁邊，從這點起，數板上波峯數每隔 5 個（或若干，視所得波紋長短的量而定）波峯，在其旁作一短線，並依次註以數字 1, 2, 3……等。

(2) 用米尺正確量得上面所註號數 0 至 10（或其他號數，視所得波紋之總長而決定）之間之距離為  $S_1$ ，再量 10 至 20 間距離為  $S_2$ 。

(3) 與上一步驟相同，量 1 至 11 間之距離為  $S_1$ ，量 11 至 21 間之距離為  $S_2$ ，依次類推量得  $S_1$  與  $S_2$  之值多個分別記下。



(4) 記下所劃分的波峯數是每隔幾個註以一號數的，如上所設為每隔 5 個，於是  $S_1$  與  $S_2$  即 0—10, 10—20, 1—11, 11—21……之間均為  $5 \times 10 = 50$  次振數，此即  $M$  值。

茲記下音叉頻率  $N$

記錄及計算：

16 普通物理實驗(上)

音叉頻率  $N =$  \_\_\_\_\_ 週/秒  $M =$  \_\_\_\_\_ 週

$S_1$						
$S_2$						
$S_2 - S_1$						

$S_2 - S_1$  平均值 = \_\_\_\_\_

1. 將結果代入公式(4)求  $\lambda$
2. 將第二條波紋同樣計算  $\lambda$  之值。



實驗四 碰撞

目的：(1)證實動量不減定律。

(2)求碰撞前後動能之損失率。

(3)求恢復係數  $e$ 。

原理：依牛頓定律推得：兩物體碰撞前後的總動量不變。設質量為  $m_1, m_2$  的兩種物體，在碰撞前的速度各為  $u_1, u_2$ ，碰撞後的速度各為  $v_1, v_2$ ，依動量守恆定律得：

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad (1)$$

在非彈性碰撞時：兩物體相撞後，併在一起，以同速度  $V$  運動，即

$$v_1 = v_2 = V$$

則(1)式變為  $m_1 u_1 + m_2 u_2 = (m_1 + m_2) V$

設其中一物體原為靜止即  $u_1 = u, u_2 = 0$

於是上式簡化為  $m_1 u = (m_1 + m_2) V \quad (2)$

碰撞後的速度  $V = \frac{m_1 u}{m_1 + m_2} \quad (3)$

動能損失率  $P = \frac{E_1 - E_2}{E_1}$

碰撞前之動能  $E_1 = \frac{1}{2} m_1 u^2$

碰撞後之動能  $E_2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2$

因此  $P = \frac{m_1 u^2 - (m_1 + m_2) V^2}{m_1 u^2} \quad (4)$

將(3)式代入(4)式得  $P = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \quad (5)$

此為一與速度無關之常數。

2.在彈性碰撞時： $m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$

若一物體原為靜止即  $u_1 = u, u_2 = 0$

則化簡為  $m_1 u = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad (6)$