

第 106 學年度清華大學普通物理實驗(一)

預報 或 結報 課程編號：10610PHYS01011

實驗名稱：基本度量

系 級：材料21 組 別：4

學 號：106031204. 106031209 姓 名：林昭慈

組 員：彭慧文

實驗日期：106年10月11日 補作日期：___年___月___日

◎ 以下為助教記錄區

預報繳交日期	報告成績	助教簽名欄
	92	emo
結報繳交日期		
報告缺失紀錄		

實驗一：基本度量

24

一、結果與分析

(一) 待測物：水管

待測物：水管																
物理量	質量(M/單位：g)				長度(單位：mm)											
	三樑天平		電子天平		外徑(R1)				內徑(R2)				高(H)			
測量儀器	三樑天平		電子天平		直尺		游標尺		直尺		游標尺		直尺		游標尺	
準確度	低		高		低		高		低		高		低		高	
有效位數	4		5		3		5		3		5		3		5	
	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差
測量 1	8.692	0.0052	8.7121	0.0001	22.0	0.06	21.901	0.0004	15.9	0.02	15.801	0.0004	33.6	0.12	33.701	0.0000
測量 2	8.699	0.0018	8.7119	0.0001	21.9	0.04	21.902	0.0006	16.0	0.12	15.802	0.0006	33.5	0.02	33.702	0.0010
測量 3	8.702	0.0048	8.7120	0.0000	22.0	0.06	21.903	0.0016	15.8	0.08	15.801	0.0004	33.4	0.08	33.700	0.0010
測量 4	8.698	0.0008			21.8	0.14	21.900	0.0014	15.8	0.08	15.801	0.0004	33.8	0.02	33.701	0.0000
測量 5	8.695	0.0022			22.0	0.06	21.901	0.0004	15.9	0.02	15.802	0.0006	33.4	0.08	33.701	0.0000
平均值	8.6972		8.71200		21.94		21.9014		15.88		15.8014		33.48		33.7010	
平均偏差	0.00296		0.000067		0.072		0.00088		0.064		0.00048		0.064		0.00040	
標準偏差	0.00383		0.000100		0.089		0.00114		0.084		0.00055		0.084		0.00071	
平均標準偏差	0.00171		0.000058		0.040		0.00051		0.037		0.00024		0.037		0.00032	
結果表示	8.6972±0.00171		8.71200±0.000058		21.94±0.040		21.9014±0.00051		15.88±0.037		15.8014±0.00024		33.48±0.037		33.7010±0.00032	

算式

平均值	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
誤差	$ d_i = x_i - \bar{X} $
平均偏差	$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i $
標準偏差	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n d_i^2}$
平均標準偏差	$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

三樑天平、直尺的精密度較低，因此測量出來偏差較大，準確度也較低；電子天平、游標尺的精密度較高，因此測量出來偏差較小，準確度也較高。

導出量	體積(V/單位: mm ³)	導出量	密度(D/單位: g/mm ³)
平均值	6087.4598	平均值	0.00143
平均標準偏差	2.49846	平均標準偏差	0.000000587
表示結果	6087.4598±2.49846	表示結果	0.00143±0.000000587

算式	
體積平均值	$V = \left[\left(\frac{R1}{2} \right)^2 - \left(\frac{R2}{2} \right)^2 \right] \times \pi \times H$
體積 平均標準偏差	$\left(\frac{\sigma_{R1^2}}{R1^2} \right)^2 = 2^2 \times \left(\frac{\sigma_{R1}}{R1} \right)^2$ $\left(\frac{\sigma_{R2^2}}{R2^2} \right)^2 = 2^2 \times \left(\frac{\sigma_{R2}}{R2} \right)^2$ $\sigma^2_{\left(\frac{R1}{2} \right)^2 - \left(\frac{R2}{2} \right)^2} = \sigma^2_{R1^2} + \sigma^2_{R2^2}$ $\left \frac{\sigma_{\left[\left(\frac{R1}{2} \right)^2 - \left(\frac{R2}{2} \right)^2 \right] \times \pi \times H}}{\left[\left(\frac{R1}{2} \right)^2 - \left(\frac{R2}{2} \right)^2 \right] \times \pi \times H} \right ^2 = \frac{\sigma_{\left(\frac{R1}{2} \right)^2 - \left(\frac{R2}{2} \right)^2}^2}{\left[\left(\frac{R1}{2} \right)^2 - \left(\frac{R2}{2} \right)^2 \right]^2} + \left(\frac{\sigma_H}{H} \right)^2$
密度平均值	$D = \frac{M}{V}$
密度 平均標準偏差	$\left(\frac{\sigma_D}{D} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_M}{M} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V} \right)^2$

建議影印時
先轉成PDF檔,

學校有Acrobat Pro

可下載.

質量、長度所計算出來的偏差較小，而體積計算出來的偏差較大，由此可知，偏差會因為計算而擴大。

(二) 待測物：木塊

待測物：木塊																
物理量	質量(M/單位：g)				長度(單位：mm)											
					長(a)				寬(b)				高(c)			
測量儀器	三樑天平		電子天平		直尺		游標尺		直尺		游標尺		直尺		游標尺	
準確度	低		高		低		高		低		高		低		高	
有效位數	4		5		3		5		3		5		3		5	
	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差
測量 1	3.042	0.0020	3.0472	0.00003	49.1	0.08	49.101	0.0200	12.2	0.12	12.402	0.0196	11.8	0.18	12.150	0.0012
測量 2	3.048	0.0080	3.0473	0.00007	48.8	0.22	49.051	0.0700	12.3	0.02	12.450	0.0284	12.1	0.12	12.151	0.0008
測量 3	3.037	0.0030	3.0472	0.00003	49.0	0.02	49.200	0.0790	12.5	0.18	12.451	0.0294	11.9	0.08	12.151	0.0002
測量 4	3.035	0.0050			49.1	0.08	49.052	0.0690	12.2	0.12	12.403	0.0186	12.0	0.02	12.151	0.0002
測量 5	3.038	0.0020			49.1	0.08	49.201	0.0800	12.4	0.08	12.402	0.0196	12.1	0.12	12.150	0.0008
平均值	3.0400		3.04723		49.02		49.1210		12.32		12.4216		11.98		12.1508	
平均偏差	0.00400		0.000043		0.096		0.06360		0.104		0.11560		0.104		0.00064	
標準偏差	0.00515		0.000057		0.130		0.07536		0.130		0.02639		0.130		0.00084	
平均標準偏差	0.00230		0.000033		0.006		0.03369		0.006		0.01180		0.006		0.00037	
結果表示	3.0400±0.00230		3.04723±0.000033		49.02±0.0006		49.1210±0.03369		12.32±0.006		12.4216±0.01180		11.98±0.006		12.1508±0.00037	

算式	
平均值	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
誤差	$ d_i = x_i - \bar{X} $
平均偏差	$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i $
標準偏差	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n d_i^2}$
平均標準偏差	$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

三樑天平、直尺的精密度較低，因此測量出來偏差較大，準確度也較低；電子天平、游標尺的精密度較高，因此測量出來偏差較小，準確度也較高。

導出量	體積(V/單位：mm ³)	導出量	密度(D/單位：g/mm ³)
平均值	7413.9493	平均值	0.00041
平均標準偏差	8.68967	平均標準偏差	0.000000481
表示結果	7413.9493±8.68967	表示結果	0.00041±0.000000481

算式	
體積平均值	$V = a \times b \times c$
體積 平均標準偏差	$(\frac{\sigma_V}{V})^2 = (\frac{\sigma_a}{a})^2 + (\frac{\sigma_b}{b})^2 + (\frac{\sigma_c}{c})^2$
密度平均值	$D = \frac{M}{V}$
密度 平均標準偏差	$(\frac{\sigma_D}{D})^2 = (\frac{\sigma_M}{M})^2 + (\frac{\sigma_V}{V})^2$

質量、長度所計算出來的偏差較小，而體積計算出來的偏差較大，由此可知，偏差會因為計算而擴大。

(三) 待測物：鐵球

待測物：鐵球										
物理量	質量(M/單位：g)				長度(R/單位：mm)					
測量儀器	三樑天平		電子天平		直尺		游標尺		螺旋測微計	
準確度	低		高		低		高		高	
有效位數	4		5		2		4		4	
	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差	測量值	偏差
測量 1	3.528	0.0056	3.5379	0	9.4	0.12	9.501	0.0004	9.502	0.0006
測量 2	3.525	0.0086	3.5379	0	9.5	0.02	9.502	0.0006	9.500	0.0014
測量 3	3.538	0.0044	3.5379	0	9.6	0.08	9.503	0.0016	9.501	0.0004
測量 4	3.539	0.0054			9.5	0.02	9.501	0.0004	9.503	0.0016
測量 5	3.538	0.0044			9.6	0.08	9.500	0.0014	9.501	0.0004
平均值	3.5336		3.53790		9.52		9.5014		9.5014	
平均偏差	0.00568		0.000000		0.064		0.00088		0.00088	
標準偏差	0.00658		0.000000		0.084		0.00114		0.00114	
平均標準偏差	0.00294		0.000000		0.037		0.00051		0.00051	
結果表示	3.5336±0.00294		3.53790±0.000000		9.52±0.037		9.5014±0.00051		9.5014±0.00051	

算式	
平均值	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
誤差	$ d_i = x_i - \bar{X} $
平均偏差	$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i $
標準偏差	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n d_i^2}$
平均標準偏差	$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

三樑天平、直尺的精密度較低，因此測量出來偏差較大，準確度也較低；電子天平、游標尺、螺旋測微計的精密度較高，因此測量出來偏差較小，準確度也較高。

導出量	體積(V/單位：mm ³)	導出量	密度(D/單位：g/mm ³)
平均值	449.1190	平均值	0.00788
平均標準偏差	0.07232	平均標準偏差	0.000001269
表示結果	449.1190±0.07232	表示結果	0.00788±0.000001269

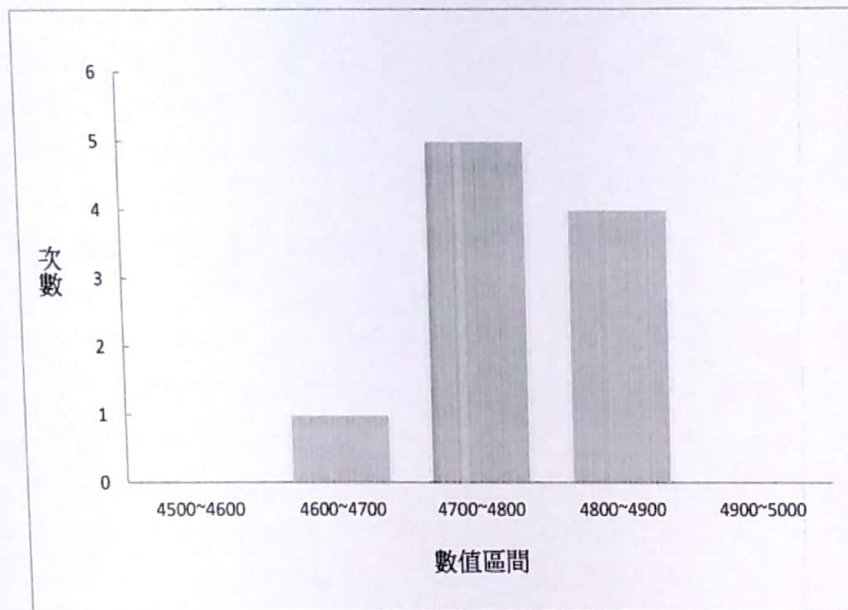
算式	
體積平均值	$V = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3$
體積 平均標準偏差	$\frac{\sigma_{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3}}{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3} = 3^2 \times \left(\frac{\sigma_R}{R}\right)^2$
密度平均值	$D = \frac{M}{V}$
密度 平均標準偏差	$\left(\frac{\sigma_D}{D}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_M}{M}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2$

質量、長度所計算出來的偏差較小，而體積計算出來的偏差較大，由此可知，偏差會因為計算而擴大。

(四) 蓋格計數器

測量 1	4853
測量 2	4823
測量 3	4821
測量 4	4821
測量 5	4799
測量 6	4790
測量 7	4786
測量 8	4765
測量 9	4715
測量 10	4613
平均值	4778.6
標準偏差	69.41
平均標準偏差	21.95

算式	
平均值	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
標準偏差	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n d_i^2}$
平均標準偏差	$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$



因為數據的組數太少，因此繪製出的分佈圖無法符合常態分佈。

二、結果討論

22

這次實驗主要是通過測量來學習估計的方法及數據偏差的來源，以下是可能造成偏差的原因：

- (1) 測微器在使用時，容易因所施予的壓力不同，而造成偏差。
- (2) 三標天平使用前沒有先歸零。
- (3) 使用精密天平，在放取待測物時動作太大，造成過度震盪，影響水平精確度。
- (4) 使用三標天平時有氣流通過，造成晃動。
- (5) 測量儀器的刻度間距並非完全精準。
- (6) 因測量者的主觀判斷不同，造成偏差。

此外，愈精密的儀器所測的數據偏差愈小，可信度更高。但不同的儀器適用範圍不同，應根據實驗的需求挑選適當的儀器測量。

三、問題

1. 量金屬圓柱體的高度和直徑時，應該在同一位置量多次，還是不同位置與不同方向都要量？為甚麼？

答：不同位置與方向都要量。如果在同一個位置量多次，只能得到局部的資料，容易與實際數據有偏差。而且實際上金屬圓柱體並非完全對稱，高度也不完全一樣，要取得不同方向與位置的數據平均，得到的體積才會比較接近實際的體積。

2. 為甚麼用直尺量長度多次時，每次要取自直尺不同的位置(參閱參考資料4)？

答：直尺上的間隔不一定完全相同，有些地方偏長，有些地方偏短。如果量測時總是用同一個地方測量，會有一定程度上的系統誤差。假設用直尺不同的部位測量，會有一定的機率，偏常和偏短的部分抵銷，使系統誤差減少。因此，為了減少系統誤差，每次量測時應使使用不同的位置。

3. 一個長方形物體的長、寬各測十次，計算面積時應以長度平均值與寬度之平均值相乘，或是長、寬一對一相乘後再平均？試申述理由。

答：應以長度平均值與寬度之平均值相乘。如果是長、寬一對一相乘後再平均，代表有十個不同的長方形，它們面積的平均，並不等於同一個長方形面積。而且，測量長度的數據本身就會有偏差，不應該和寬度數據的偏差混在一起，沒有必要這樣計算。

4. 請一一列舉此實驗所使用的儀器之系統誤差。

答：(1)測量儀器的刻度間距並非完全精準

(2)物體沒有放在電子天平能精準測量的位置上

(3)三樑天平受到風的影響，引起數字的跳動造成誤差。

5. 若使用的游標尺的主尺上 49 格刻劃(每格的長度為 1mm)等於游標上的 50 格，則游標上的刻劃一格相當於多長(參考附錄 A)? 刻度的讀法是否和附錄 A 之一中所述的相同?

18

答：游標上的刻畫一格等於 $49/50=0.98(\text{mm})$ ，可精確讀到 $0.02(\text{mm})$ ；附錄 A 的游標尺其游標一格等於 $19/20=0.95(\text{mm})$ ，可精確讀到 $0.05(\text{mm})$ 。兩者的讀取方法一樣，但一個是對齊刻度 $\times 2 \times 0.02$ ；一個是對齊刻度 $\times 2 \times 0.05$ 。

6. 試將步驟(三)4 所得之圖析跟朴松分佈及高斯分佈做比較。(加分題)

答：如前頁圖，蓋格計數器的圖析和朴松分佈不太一樣，也許是因為樣本數不夠多的緣故。而蓋格計數器的原理和高斯分佈不一樣，雖然樣本數太少看不出來，但所得圖析應不會趨近於高斯分佈。

7. X^2 的標準差利用(15)式和(18)式計算所得的結果有何不同?那一種是正確的? 為什麼?

答：用(15)式會得到 $\sqrt{2}x$ ，而用(18)式會得到 $2x$ ，差了 $\sqrt{2}$ 倍。正確的應該是(18)式。因為 x 和 x 之間有相關性，不符合標準差乘除運算的前提假設，所以不可以用(15)式。

四、心得

18 這次的實驗操作上不會太困難，較麻煩的是計算數據的部分。雖然誤差傳遞的公式看起來不難，但實際計算時真的很繁雜，再加上數據有小數點，更是增加了麻煩的程度，計算過程中需要細心及耐心。相信經過了這次扎實的訓練，在處理數據的技巧上會有所長進。另外一個重要的收穫是學會用測微器。之前我完全沒有接觸過它，即使看了操作說明還是不免有些困惑，但使用後發現其實並不難操作。高中做實驗時並沒有對數據的精確度如此要求，所以從沒想過光是數據處理就有這麼多的學問在，之後我們在處理數據方面一定會更加講求精準。

五、參考資料

國立清華大學普通物理實驗室-基本度量講義

待測物體名稱：水管

物理量	質量 (g)				待測體長度(如直徑或長、寬、高) (mm)						
	M1		M2		R1		R2		R3		
物理量代號	MI		M2		R1		R2		R3		
測量儀器 (型號:)	三標天平		一般電子天平		一般直尺		游標尺		螺旋測微計		
準確度					1mm		高				
有效位數					3		5				
測量值/誤差	測量值	誤差	測量值	誤差	測量值	誤差	測量值	誤差	測量值	誤差	
測量# 1	8.692	0.0052	8.712	0.0001	15.9	0.02	15.801	0.0004			
測量# 2	8.699	0.0018	8.719	0.0001	16.0	0.12	15.802	0.0006			
測量# 3	8.702	0.0048	8.7120	0.0000	15.8	0.08	15.801	0.0004			
測量# 4	8.698	0.0008			15.8	0.08	15.801	0.0004			
測量# 5	8.695	0.0022			15.9	0.02	15.802	0.0006			
測量# 1	X				長 (直徑) 徑	22.0	0.06	21.901	0.0004		
測量# 2						21.9	0.04	21.902	0.0006		
測量# 3						22.0	0.06	21.903	0.0016		
測量# 4						21.8	0.14	21.900	0.0014		
測量# 5						22.0	0.06	21.901	0.0004		
測量# 1					寬 外 徑	33.6	0.12	33.701	0.0000		
測量# 2						33.5	0.02	33.702	0.0001		
測量# 3						33.4	0.08	33.700	0.0001		
測量# 4						33.5	0.02	33.701	0.0000		
測量# 5						33.4	0.08	33.701	0.0000		
測量# 1	高	15.88	0.012	15.8014	0.0000						
測量# 2		21.94	0.040	21.9014	0.0004						
測量# 3		33.48	0.037	33.7010	0.0003						
測量# 4		0.064	0.012	0.064	0.0005	0.0009	0.0004				
測量# 5		0.084	0.089	0.084	0.0005	0.0011	0.0001				
平均值	8.6972		8.71200		15.88/21.94/33.48		15.8014/21.9014/33.7010				
平均偏差	0.0030		0.00007		0.064/0.012/0.064		0.0005/0.0009/0.0004				
標準偏差	0.0038		0.000100		0.084/0.089/0.084		0.0005/0.0011/0.0001				
平均標準偏差	0.0017		0.000060		0.037/0.040/0.037		0.0002/0.0005/0.0003				
表示結果	8.6972 ± 0.0017		8.71200 ± 0.00006		長	15.88 ± 0.037		15.8014 ± 0.0002			
					寬	21.94 ± 0.040		21.9014 ± 0.0005			
					高	33.48 ± 0.037		33.7010 ± 0.0007			
導出量	體積	體積表示結果			密度		密度表示結果				
平均值	6087.4598				0.0014311388						
平均偏差											
標準偏差											
平均標準偏差	0.16788976				0.00000010617243						

10

$$(R-r)\pi \times h$$

$$\sigma_{R_2}^2 \rightarrow \sigma_{R_1}^2 \rightarrow \sigma_{R_1}^2 - \sigma_{R_2}^2 \rightarrow (\sigma_{R_1}^2 - \sigma_{R_2}^2) h$$

張政豪

待測物體名稱：鐵球

物理量	質量 (g)				待測體長度(如直徑或長、寬、高) (mm)					
	M1		M2		R1		R2		R3	
物理量代號	M1		M2		R1		R2		R3	
測量儀器 (型號:)	三樑天平		一般電子天平		一般直尺		游標尺		螺旋測微計	
準確度	低		高		低		中		高	
有效位數	0.01g				1mm		0.05mm		0.01mm	
測量值/誤差	測量值	誤差	測量值	誤差	測量值	誤差	測量值	誤差	測量值	誤差
測量#1	3.528	0.0056	3.5399	0.00000	9.4	0.12	9.501	0.0004	9.502	0.0006
測量#2	3.525	0.0086	3.5379	0.00000	9.5	0.02	9.502	0.0006	9.500	0.0014
測量#3	3.538	0.0044	3.5379	0.00000	9.6	0.08	9.503	0.0006	9.501	0.0014
測量#4	3.539	0.0054			9.5	0.02	9.501	0.0004	9.503	0.0016
測量#5	3.538	0.0044			9.6	0.08	9.500	0.0004	9.501	0.0004
測量#1	X				長(直徑)					
測量#2										
測量#3										
測量#4										
測量#5										
測量#1										
測量#2										
測量#3										
測量#4										
測量#5										
平均值	3.5336		3.53790		9.52		9.5014		9.5014	
平均偏差	0.00568		0.00000		0.064		0.00088		0.00068	
標準偏差	0.00658		0.00000		0.084		0.00114		0.00114	
平均標準偏差	0.00294		0.00000		0.037		0.00051		0.00051	
表示結果	3.5336 ± 0.00294		3.5379 ± 0.00000		長	9.52 ± 0.037	9.5014 ± 0.00051	9.5014 ± 0.00051		
導出量	448.891316 體積		體積表示結果		寬	密度 7.4		密度表示結果		
平均值	448.891316		448.891316		高	0.007881418		0.007		
平均偏差			± 0.13748855							
標準偏差										
平均標準偏差	0.13748855						4.230454 × 10 ⁻⁷		5.36763 × 10 ⁻⁵	

$$\left(\frac{\sigma_R}{R}\right)^2 = \dots$$

0.0001610289 ×
 2.593031 × 10⁻⁸
 5.36763 × 10⁻⁵
 2.881145 × 10⁻⁹