

改良「密度實驗」以教導學生實驗安排與圖表分析

林瑞文* 黃玠維

高雄市立左營國民中學

壹、前言

網路上有一段影片：一隻幼鳥對著地上不斷爬動的小蟲張嘴叫，但卻不會直接吃掉小蟲，推測因為幼鳥自出生以來都是直接張嘴，父母就將小蟲放入其口中¹。由此反省到現今國中的科學實驗，教科書中幾乎都是食譜式實驗，當一切都安排好了，培養學生能力的機會也隨之減少，當然教科書業者有其困境：編得太探究取向的實驗不容易有市場，但科學教師可以有所作為：在課本實驗添加一些探究的成分。密度實驗是國二自然理化課程的第一個實驗，如果使用電子天平，實驗時間可大幅縮短，本文將該實驗修改成「不那麼食譜式」，留一些空白讓學生思考，同時教導學生實驗設計與圖表分析的技巧。

現今各版教科書對密度實驗的安排分別整理如下：

甲版：

1. 利用排水法測量不同鋁塊的體積、使用電子天平測量質量，在方格紙中畫出鋁塊質量(Y 軸)與體積(X 軸)的關係圖。
2. 使用量筒盛水，測量不同體積的水與量筒總質量，在方格紙中畫出水的質量(Y 軸)與體積(X 軸)的關係圖。

乙版：

1. 利用排水法測量不同鋁塊的體積，用上皿天平測量質量。
2. 利用不同的銅塊重複上述實驗。在方格紙中畫出鋁塊與銅塊質量(Y 軸)與體積(X 軸)的關係圖。

丙版：

1. 使用量筒盛水，測量不同體積水(每次增加 10 毫升)與量筒總的質量。
2. 使用量筒盛裝酒精，測量不同體積酒精(每次酒精增加量學生自訂)與量筒的總質量。
3. 在方格紙中分別畫出水、酒精質量(Y 軸)與體積(X 軸)的關係圖。

*為本文通訊作者

三版本密度實驗測量標的物與繪圖提供訊息整理如(表 1)。

表 1：測量標的物與繪圖提供訊息整理

版本	測量金屬種類	測量液體種類	每次測量增加的液體體積	繪圖時兩軸物理量	液體數據繪圖時採用的「質量」數值
甲版	鋁	水	未指定	直接指定 X 軸放體積	已扣除量筒質量
乙版	鋁、銅	無實驗	無實驗	直接指定 X 軸放體積	無實驗
丙版	無實驗	水、酒精	水指定每次加 10mL，酒精未指定	未指定	已扣除量筒質量

對教科書實驗設計的評述：因應 108 課綱對探究能力的要求，各版教科書實驗的編排上有能看到一些努力，例如甲版未指定每次測量增加的液體體積，丙版則是先在用水實驗時指定每次增加 10mL 水，之後酒精實驗時不指定。但可能是不要增加教學負擔，液體實驗時沒有一個版本(乙版無此實驗)先畫出「量筒+液體」總質量的圖形，之後再修改成「液體質量」的圖形，錯失用實驗讓學生理解兩者的差別之處。

以下改良的密度實驗設計，讓學生有較多的動腦空間，例如先分組設計實驗表格、決定每次增加的液體量等，而實驗後對圖形意義進行討論。學生探究、實驗與圖形分析能力都須一點一滴培養，在課本實驗中加入一些改變，可行性高，可兼顧現實與理想。

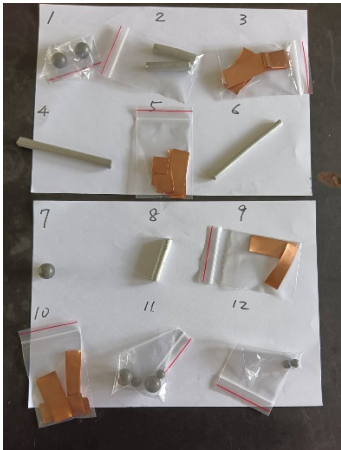
貳、教學目標

- 1.藉由測量兩種金屬的質量與體積，來繪製關係圖並探討質量與體積的關係。
- 2.藉由以不同規格量筒測量水的體積與質量，來繪製關係圖並探討質量(總質量、水質量)與體積的關係。
- 3.藉由測量兩種液體的體積與質量，來繪製關係圖並探討質量與體積的關係。

參、教學流程設計

教學活動	教學提示	學習表現
1. 金屬實驗之表格設計與修正 [1] 提供大小不一的各式金屬塊，預計要用排水法測量體積，再用電子天平測量質量，各組要選三種金屬進行實驗，設計表格填寫數據[表 2]。 [2] 教師與同學一起討論各組的表格，統整出班上統一的表格。	[1] 剛開始同學設計的表格多少有缺失，藉由彼此觀摩及參考課本加以修正。 [2] 因為量筒口徑有限，大一點的金屬塊就無法放入，不然就需用到 500mL 量筒，但這也會使精確度大降，解決方法是將兩個、三個小金屬塊視為較大塊金屬，下圖是各式標的金屬塊： 	pe-IV-1 能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試、預測活動的可能結果。
2. 金屬實驗之測量與數據繪圖 [1] 測量 3 種不同材質標之物之質量與體積，可以將兩個相同材質的小物體視為一個較大的物體進行測量。 [2] 師生討論：繪圖時兩軸各要放哪一種數據？ [3] 將[表 2]數據畫在同一方格紙中[圖 1]。	[1] X 軸通常代表操縱變因，Y 軸通常代表應變變因。教師可印製 B5 方格紙方便同學繪製圖形 2。 [2] 圖形繪製注意事項：標示原點、兩軸物理量與適當的刻度。 [3] 討論[表 1]中 M/V 及 $M \cdot V$ 的結果，何者可顯示出金屬的特色。 [4] 討論如何自圖形判別三種金屬的密度大小。	pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學等方法，整理資訊或數據。
3. 水實驗之表格設計與修正 [1] 預計分別使用兩種不同規	[1] 每次要增加多少體積的水進行測量？考慮此數據時應該顧及量筒	pe-IV-1

格的量筒(10mL、25mL)盛裝水，每次要增加一些體積，分組設計表格填寫數據[表 2]。 [2] 教師與同學一起討論各組的表格，統整出班上統一的表格。	容積與取樣數值合理性，例如使用 25mL 量筒時，每次加 1mL 就太少了。	
4.水實驗測量與繪圖 [1] 用兩種量筒分別盛裝水進行測量總質量與水體積。 [2] 將[表 3]數據繪製成[圖 2](含量筒質量)及[圖 3](不含量筒質量)。 [3] 師生討論：a.質量有無包含量筒質量，繪出的圖形有無差異？b.圖形 Y 軸截距的意義。c.平行線的意義。	討論： a. [圖 2]圖形為何未不像金屬的圖形通過原點？ b. [圖 2]圖形在 Y 軸的截距代表意義？ c. 讓學生比較實測量筒質量與自圖形截距所得質量的差別。 d. 補充平行線的觀念(數學二下課程)，討論圖中的平行線代表意義，此概念到運動學圖形還會用到。	pa-IV-1
5._酒精實驗之測量與繪圖 [1] 用酒精替代水，重複教學活動 4。完成[表 4]，並將水與酒精的數據一起繪製成[圖 4](含量筒質量)、及[圖 5](不含量筒質量)。		pe-IV-1 pa-IV-1
7._實作評量 [1] 教師提供將 12 個固體樣本，已知每一個樣本都是由單一材質組成的實心物體，同學分別測量樣本的質量與體積，繪製成[圖 6]後，判斷這些樣本是由幾種物	a. 為方便測量，可以將兩個相同材質的小物體以鍊口袋裝著，視為一個標的物，樣本如下圖所示。 b. 學生可以自由取用合宜的量筒。 c. 建議的材料：彈珠、釣魚鉛球、鐵珠，都可以在購物網站購得。	tr-IV-1 能將所習得的知識正確的連結到所觀察到的自然現象及實驗數據，並推

質組成？理由是甚麼？ [2] 參照課本常見金屬的密度，判斷金屬的可能成分。		論出其中的關聯，進而運用習得的知識來解釋自己論點的正確性。
---	--	--------------------------------------

肆、參考圖表-教師亦可以給較大張的方格紙，以方便學生繪圖。

表 2：兩種金屬的測量結果

待測物	質量 $M(g)$	體積 $V(cm^3)$	$M/V(g/cm^3)$	$M*V(g\cdot cm^3)$
甲金屬 1				
甲金屬 2				
甲金屬 3				
甲金屬 4				
乙金屬 1				
乙金屬 2				
乙金屬 3				
乙金屬 4				
丙金屬 1				
丙金屬 2				
丙金屬 3				
丙金屬 4				

外觀描述：甲金屬_____、乙金屬_____、丙金屬_____

表 3：使用大小量筒測量水的體積與質量

大量筒___g 刻度___mL、小量筒___g 刻度___mL

量筒	水 體 積 V(mL)	[水 M_w 加量筒 M_0] 總質量 M(g)	水質量 M_w (g)	M/V(g/cm ³)	$M_w * V$ (g-cm ³)
大量筒					
大量筒					
大量筒					
大量筒					
小量筒					
小量筒					
小量筒					
小量筒					

表 4：使用大量筒測量酒精的體積與質量

大量筒___g 刻度___mL

酒 精 體 積 V(mL)	[酒精 M_a 加量筒 M_0]總質量 M(g)	酒精質量 M_a (g)	M/V(g/cm ³)	$M_a * V$ (g-cm ³)

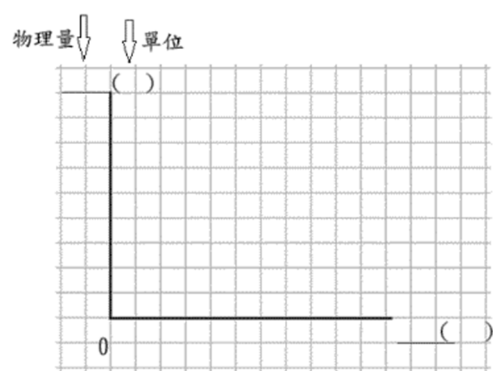


圖 1：三種金屬質量與體積關係圖

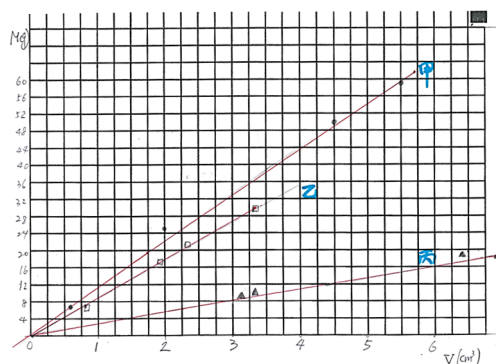


圖 1 實例

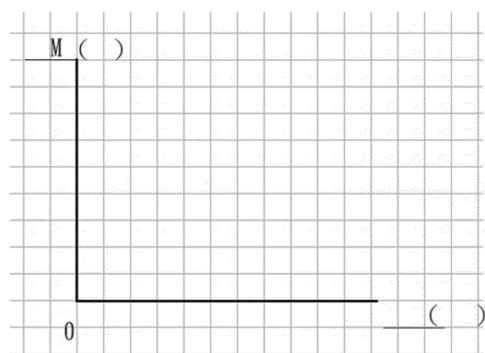


圖 2：水與量筒總質量和體積關係圖

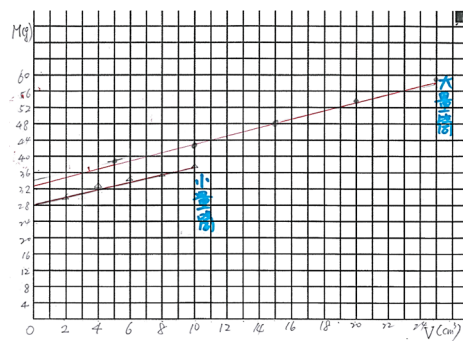


圖 2 實例

參考資料

等著蟲自動進嘴的幼鳥（2024 年 7 月 24 日）。〔影片〕。YouTube。

https://youtube.com/shorts/M-q_oC2WOao

Gridzzly (n.d.). 線上繪製方格紙網站。 <https://gridzzly.com/>