

爆米花的觀察

- 目的
- 一. 藉由操作與觀察爆玉米粒的過程，熟悉實驗室常用的兩種器材：加熱攪拌器和天平（請參看 iLearn 或 TronClass 中本單元影片）。
 - 二. 經由重複的測量，學習實驗數據的處理與分析，以及對實驗結果的可信度與再現性的評估（參閱緒論部份第五節）。

原理

一粒爆米花有多重？如果我們任取兩粒爆米花，用天平分別稱其各別的重量，很可能會得到不同的結果。那麼，我們該如何回答這個問題呢？即使對同一粒爆米花重複做兩次稱量，所得到的結果有可能不同。但是，假如兩次稱量的結果完全相同，這個相同的結果是不是就是這粒爆米花“正確”的重量呢？

就像一粒爆米花的重量一樣，幾乎所有物質的各種性質，從一個樣品到另一個樣品都不盡相同。只是有些差異比較顯著，以人的感官即可分辨，例如一條鮑魚的重量；有些差異比較不明顯，必須藉由儀器的測量才能得知，例如一個新臺幣拾圓硬幣的重量。在本學年課程中，我們將會測量某一試樣的重量、體積、濃度、凝固點、蒸發熱、pH 值，以及某一化學反應的平衡常數、反應熱等等。這些測量的結果也和一粒爆米花的重量一樣，重複實驗的數據將會顯現出差異性。

為了得到客觀可靠的結果，我們對於任何物理量的測量必須重複至少兩次。所得到的數據經過處理後，測量的結果以平均值和一個能夠顯現出差異度的指標，例如平均偏差（緒論 5-1）或標準偏差（緒論 5-2），表示。以玉米為例，若有一包玉米我們以天平稱其總重量為 12.33 克並數出其顆粒總數為 100，則每粒玉米的平均重量為 0.1233 克。若進一步稱量每一粒玉米的重量並計算出重量的標準偏差為 0.0201 克（計算方法如“實驗前問題”），則由統計學可以預測約有 68% 的玉米粒的重量會在平均值加減一個標準偏差的範圍內，也就是介於 0.1434 克和 0.1032 克之間，約有 95% 的玉米粒的重量會在平均值加減兩個標準偏差的範圍內。

從以上的例子，可能還看不出標準偏差的用處，因為我們只要將所稱量的一百粒玉米的重量依照大小次序排列就可以得到相同的結論，而不必經過複雜的數學計算。但是，若有一艘貨輪載了十二萬三千三百公噸的玉米，我們如何算出船上一粒玉米的平均重量？如何估計船上有幾粒玉米的重量是介於某兩個重量之間呢？只要採用適當的取樣方法，我們可以由稱量相對上極少數量的玉米粒的重量回答以上的兩個問題。假如我們稱量了一百粒玉米並經計算得到這一百粒玉米的平均重量和標準誤差也分別是 0.1233 克和 0.0201 克，則由平均重量我們可以估計這艘貨輪載了約一千億

粒的玉米，由標準偏差可以估算這一千億粒的玉米中，重量介於任何兩個數值之間的數目，例如其中約有 68%，也就是約六百八十億粒的重量是介於 0.1434 克和 0.1032 克之間。

上一段的例子所討論的都是對於不完全相同的樣品所做的重複測量；在本實驗中，我們對爆米花的觀察所做的重複測量，即是屬於這一類的。另一類則是對同一樣品所做的重複測量；在本手冊的其他實驗中，我們所做的重複測量有很多是屬於這一類的。對於這兩類的重複測量，在統計上的處理是完全相同的。例如我們可以對同一粒玉米重複稱重一百次，並且算出這一百次稱量的平均重量和標準偏差，只不過所得到的標準偏差可能會比由稱量一百粒不同的玉米所得到的的小得多。

為什麼對同一樣品所做的重複測量，可能會得到不相同的結果呢？(當然了，由於物質的波動性所導致的測量不準確性(即海森堡測不準原理)是原因之一，但是這個因素只有在做極精密的測量時才須要考慮，在本手冊所安排的實驗中，這並不是主要的原因。)除了可能的人為疏失之外，造成測量結果有所差異的主要原因有二：第一個原因是測量儀器的限制，例如電子儀器的雜訊等。第二個原因則是由於實驗條件，例如溫度等，未能保持不變所致。第一個因素所造成的差異是不可避免的，而且是具有任意性(randomness)的，即測量結果變化的方向是不可預測，而非規律化的。測量的任意性，簡單的說，就是每次的測量值大約有一半的可能(機率)比前一次的測量值高，一半的可能比前一次的測量值低。若測量結果變化的方向是規律化的，則差異往往是由第二個因素所造成的。例如：以同一 pH 計重複測量同一弱酸溶液的 pH 值，若每次測量值都比前一次低，則可能是由於溶液的溫度隨室溫上升導致弱酸的解離度增加所致。第二個因素是可以由仔細的觀察予以辨別並且是必須加以改正的。統計學以標準偏差對測量結果可信度與再現性的評估，是針對具有任意性的測量(random measurements)所做的。

重複測量的目的，是要讓我們了解測量結果的精密度(precision)與偏差(deviation)。單靠重複測量並沒有辦法使我們得知測量結果的正確性，此即準確度(accuracy)與誤差(error)(參閱緒論部份 5-1)。某一粒爆米花有多重的正確答案不是只由重複測量就可以得到的。

器材 托盤式電動天平(讀數至 0.001 克)，加熱攪拌器，三叉夾，鑷子，100mL 燒杯，250mL 錐形瓶，稱量紙

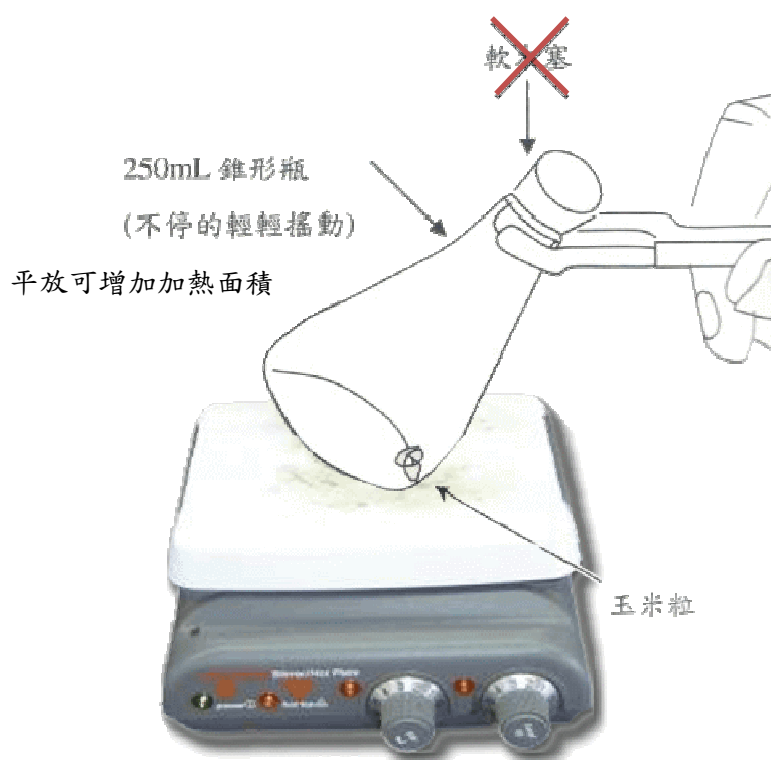
樣品 玉米粒 20 顆

安全注意事項：

1. 戴上安全眼鏡。
2. 絕對不可以吃本實驗所爆的玉米花。在實驗室裡，你的手、桌面、以及實驗器材都有可能受到毒性物質的污染。

實驗步驟

- ▲ 為了避免手指上的水份和油脂轉移至玉米粒上，所以不可以用手指而要使用鑷子夾取玉米粒。
1. 用鑷子夾取 20 顆玉米粒置於燒杯內。(其中 5 顆做爆裂練習，5 顆做個別爆裂測試，剩餘 10 顆為一組一起爆裂。)
 2. 取 6 張稱量紙，用鉛筆分別寫上編號 1 至 6。
* 天平是各組輪流使用，若尚未輪到你使用天平，可先進行步驟 4 及步驟 5。
 3. 使用編號 1 至 5 的稱量紙，分別從燒杯內各夾取 1 顆玉米粒，以天平稱重並記錄。使用編號 6 的稱量紙，從燒杯內夾取 10 顆玉米粒，以天平稱重並記錄(注意：實驗中所有的重量測量必須使用同一台天平。)。稱量時重量須讀取至 0.001 克，玉米粒的重量須扣除稱量紙重。如果你從前未使用過天平，那你應將每個試樣重複稱兩次，以肯定你的技術。
 4. 參考加熱攪拌器使用影片，調整加熱攪拌器溫度刻度 4 或數字型約 250 即可開始加熱。
 5. 用未稱重的玉米粒練習爆玉米花：每次用鑷子將一粒玉米粒置於一 250mL 的錐形瓶內，大面積加熱效果較佳，但要不時的搖動直到玉米粒爆裂(約須 1-2 分鐘)。玉米粒爆裂後立刻將錐形瓶從加熱攪拌器上移開，並繼續搖動，以免玉米花燒焦沾黏於錐形瓶，直到瓶子冷卻到不會使玉米花燒焦，再倒出爆開的玉米花。重複練習直到你可以成功的爆開玉米粒而不會將它燒焦時，即可進行下一步驟。
 6. 爆裂已個別稱重的 5 顆玉米粒：每次一個，並將每一個爆開後的玉米花放回原來標號的稱量紙上。
 7. 將已稱重 10 顆一組的玉米粒置入錐形瓶中，同前步驟將它們全部爆開。詳細觀察這系統中的任何變化，此將有助於解釋本實驗中的一些質量變化。注意接近錐形瓶上方玻璃壁的內側，並記錄觀察的結果。當所有玉米粒爆開後，將它們倒回小燒杯中冷卻。
 8. 將[步驟 6]個別爆開的 5 顆玉米花(應該已冷卻了)，分別稱重並記錄。
 9. 將[步驟 7]10 顆一組爆開的玉米花(應該已冷卻了)，一起稱重並記錄。



玉米粒爆裂的方法



爆米花的觀察

實驗前問題 (請自行練習, 不必繳交)

下表為 5 顆玉米粒在爆裂前後所做的質量測量。完成下表並算出下列空格的值：

 \bar{m}_o = 重量的平均值 d_1 = 個別測量的偏差 $\overline{\% \Delta m}$ = 重量損失百分率的平均值 d_2 = 個別重量損失百分率的偏差 σ = 標準偏差 = $\left[\frac{\sum d_i^2}{n-1} \right]^{1/2}$ n = 測量次數 (測量樣品大小)

玉米粒編號		1	2	3	4	5	平均,總和或 σ	
爆開前重量 m_o (g)		0.1431	0.1233	0.1447	0.1356	0.1650	\bar{m}_o	
爆開後重量 m_f (g)		0.1321	0.1122	0.1196	0.1124	0.1425		
重量損失 Δm (g)(= $m_o - m_f$)								
重量損失百分率, $\% \Delta m$ (= $(\Delta m / m_o) \times 100\%$)							$\overline{\% \Delta m}$	
爆前 重量	d_1 (= $m_o - \bar{m}_o$)						$\sum d_1^2$	
	d_1^2						σ (m_o)	
重量損失 百分率	d_2 (= $\% \Delta m - \overline{\% \Delta m}$)						$\sum d_2^2$	
	d_2^2						σ ($\% \Delta m$)	

期望一顆玉米粒重量=(A)_____ \pm (B)_____ (一個標準偏差: 68%可信度)期望重量損失百分率=_____ \pm _____ (一個標準偏差)期望 1000 克包裝玉米的顆粒數(*)=(C)_____ \pm (D)_____ (一個標準偏差)=(C)_____ \pm (E)_____ (二個標準偏差: 95%可信度)其中 (D) = (C) \times $\frac{(B)}{(A)}$; (E) = (D) \times 2

(*) 其他計算方法參閱下頁公式

計算方法：

在緒論 5-3. 偏差及誤差的衍生，我們提到對於兩個均已有的估計的偏差或誤差的測量值在做乘除運算時，結果的相對平均偏差(或誤差)為此兩測量值的相對平均偏差(或誤差)的和。以除法為例：

$$\frac{A(1 \pm B\%)}{C(1 \pm D\%)} = \frac{A}{C} [1 \pm (B\% + D\%)]$$

上式所得到的只是對除法所衍生的相對平均偏差(或誤差)的略值，較正確的公式則如下列：

$$\frac{A(1 \pm B\%)}{C(1 \pm D\%)} = \frac{A}{C} \left[1 \pm \sqrt{(B\%)^2 + (D\%)^2} \right]$$

若 $B = 0$ (例如假設一整包玉米的重量是完全正確的)，則分別運用以上兩個公式計算所得到的結果將是相同的。

例如：

$$\begin{aligned} \frac{150 \pm 4}{0.1257 \pm 0.0176} &= \frac{150 \pm \left(\frac{4}{150} \times 100\%\right)}{0.1257 \pm \left(\frac{0.0176}{0.1257} \times 100\%\right)} \\ &= \frac{150 \pm 3\%}{0.1257 \pm 14.0\%} = \frac{150.}{0.1257} \pm \sqrt{(3\%)^2 + (14.0\%)^2} \\ &= 1190 \pm 14.3\% = 1190 \pm (1190 \times 14.3\%) = 1190 \pm 170 \end{aligned}$$

爆米花的觀察

實驗報告應全組共同討論一起完成並簽名表示負責

組別: _____ 組員簽名: _____

結果 (網底之空格為實驗觀察或記錄之數據, 其餘則填入計算數據)

(注意: 所有數據應考慮觀測的有效數字 (參閱緒論部份 5-4))

1. 玉米粒包的淨重 _____ (課堂上公布)
2. 觀察對 10 顆一組全部爆開的質量變化所有現象並記錄之。
(詳細觀察三角錐形瓶上方玻璃壁的內側)

3.

玉米粒編號		1	2	3	4	5	平均, 總和或 σ	
爆開前重量 $m_o(g)$							\bar{m}_o	
爆開後重量 $m_f(g)$							/	
重量損失 $\Delta m(g) (= m_o - m_f)$								
重量損失百分率, % Δm ($= (\Delta m / m_o) \times 100\%$)							$\overline{\% \Delta m}$	
爆前 重量	d_1 ($= m_o - m_o$)						$\sum d_1^2$	
	d_1^2						σ (m_o)	
重量損失 百分率	d_2 ($\% \Delta m - \% \Delta m$)						$\sum d_2^2$	
	d_2^2						σ ($\% \Delta$ m 損失)	

4. 期望一顆玉米粒重量 = _____ \pm _____ (一個標準偏差：68%可信度)
 期望重量損失百分率 = _____ \pm _____ (一個標準偏差)
 期望本包玉米的顆粒數 = _____ \pm _____ (一個標準偏差)

計算：(參考 p.5 實驗前問題)

5.

玉米粒編號	10 顆一組				
爆開前重量 $m_o(g)$		\bar{m}_o		\bar{m}_o 是否在一個標準偏差內?(與結果 4 比較)	(是或否)
爆開後重量 $m_f(g)$				% Δm 是否在一個標準偏差內?(與結果 4 比較)	(是或否)
重量損失 $\Delta m(g)(= m_o - m_f)$		/	/		
重量損失百分率, % $\Delta m (= (\Delta m / m_o) \times 100\%)$					

問題

1. 由玉米粒重量損失的事實，可表示出應有某些物質失去。依據你的觀察判斷，當玉米粒爆開時，會有何種性質造成重量損失？

2. 你可否推論出，玉米粒在加熱中是如何爆開？為什麼會爆開？

3. 在「你的」實驗結果中，玉米粒最初重量或重量損失百分率的標準偏差何者較大？請加以說明之。

討論紀錄
