

設計國中教材—細數原子與分子

李志鴻

新北市立錦和高級中學

leho1272@ms54.hinet.net

■ 前言

目前國中教材有關物質組成的部分，從原子結構單元開始進入微觀粒子的介紹，而之後銜接的教材即為細數原子與分子單元，內容嘗試說明原子量、分子量與莫耳數的關係。本文作者的經驗顯示有相當大比例的學生是未學先「懼」，甚至學過放棄。因此如何讓國中學生在學習這個單元時不會感覺抽象，容易接受與學習是一項困難的挑戰。有鑒於此，本文作者針對現行審定的教材進行探討，進而設計輔助說明的學習單以幫助學生學習原子量、分子量與莫耳數的關係。

■ 目前教科書的內容安排

在學習「細數原子與分子」單元，一般教科書大致上是以下述的方式來說明原子量、分子量與莫耳數的關係：

1. 先告訴某一純物質物體質量與此物體中有多少個原子，讓學生計算一個原子質量大約是多少。如康軒版以「壹元硬幣的質量約為 3.7 公克，若是純銅所製，應含有約 3.5×10^{22} 個原子」的例子帶入 1 個銅原子質量很小。
2. 再說明為了比較各種不同元素的原子質量是不同的，訂定原子量作為比較各種原子質量的依據，並以質量數為 12 的 $^{12}_6\text{C}$ 原子之原子量為 12。
3. 接下來定義亞佛加厥數：「1 個原子是如此的小如此的輕，為方便計量，科學家制訂一個龐大粒子數的單位—莫耳。經過科學家實驗測得 1 莫耳 = 6×10^{23} 個。」

■ 學生可能產生的學習困難

表 1：三種基本粒子的質量

原子結構	範圍	粒子	質量
原子	原子核內	質子	1 個質子質量 = $1.67 \times 10^{-24} \text{ g} \doteq \frac{1}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$
		中子	1 個中子質量 = $1.67 \times 10^{-24} \text{ g} \doteq \frac{1}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$
	原子核外	電子	1 個電子質量 = $9.1 \times 10^{-28} \text{ g} \doteq \frac{1}{1840} \times \frac{1}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$

表 2：原子質量與其數值的關係

原子質量 = 質子質量 + 中子質量

1. 1 個 ${}^1_1\text{H}$ 原子含有 1 個質子、0 個中子、1 個電子。

1 個 ${}^1_1\text{H}$ 原子質量 = 1 個質子質量 + 0 個中子質量 + 1 個電子質量

$$\cong \frac{1}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$$

$$\cong \frac{1}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$$

2. 1 個 ${}^{12}_6\text{C}$ 原子含有 6 個質子、6 個中子、6 個電子。

1 個 ${}^{12}_6\text{C}$ 原子質量 = 6 個質子質量 + 6 個中子質量 + 6 個電子質量

$$\cong \frac{6}{6 \times 10^{23}} \text{ g} + \frac{6}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$$

$$\cong (6 + 6) \times \frac{1}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$$

$$\cong \frac{12}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$$

3. 1 個 ${}^{16}_8\text{O}$ 原子含有 8 個質子、8 個中子、8 個電子。

1 個 ${}^{16}_8\text{O}$ 原子質量 = 8 個質子質量 + 8 個中子質量 + 8 個電子質量

$$\cong \frac{8}{6 \times 10^{23}} \text{ g} + \frac{8}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$$

$$\cong (8 + 8) \times \frac{1}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$$

$$\cong \frac{16}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$$

故原子質量比，1 個 ${}^1_1\text{H}$: 1 個 ${}^{12}_6\text{C}$: 1 個 ${}^{16}_8\text{O}$ \cong 1 : 12 : 16

雖然教科書簡略陳述原子量、分子量與莫耳的意義，但是從教科書內容邏輯脈絡的陳述而言，原子量與原子真正質量之比較卻無法從中簡單看出，以至於學生仍無法了解原子量與真正質量的關係。同時，科學家為何選定 6×10^{23} 個，而非其他數值作為 1 莫

耳，再加上學生對於「莫耳」一詞的陌生，並無法從莫耳兩字看出其含意。因此學生在此單元面對眾多的名詞勢必充滿疑惑，加上需要計算質量極小、數量極大的原子與分子，對數學理解能力稍差的學生，在學習上出現問題的機會即會大增。

表 3：原子量的定義與概念

原子種類	$^{12}_6\text{C}$	^1_1H	$^{16}_8\text{O}$
原子真正質量	$\frac{12}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$	$\frac{1}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$	$\frac{16}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$
目前科學訂定原子量 (u)	12		

■ 教材設計分享

本文作者在此提供已經實際運用在教學上並獲得不錯的學習成效的 6 個學習單作為教師教學時的輔材內容，提供教育現場教師參考。

一、轉換基本粒子質量的表示法

如表 1 所示，將質子、中子與電子的質量透過數學運算轉換（註 1），得到表中三種基本粒子的質量，其中質子質量約與中子相等為電子 1840 倍，而 1 個質子的質量為 $1.67 \times 10^{-24} \text{ g}$ 。

二、複習原子的質量等於質子、中子與電子質量和的概念

接著從第三冊學過的原子結構帶入，原子的質量即為質子、中子及電子質量的總和。如表 2 所示，透過讓學生寫出三種基本粒子的數量，進而導引出不同原子的質量即為三種粒子質量的總和。最後將實際質量的數值帶入，以數學式子計算並得到一個原子的質量與不同原子之間的質量比。

三、由學生自己計算出的原子質量，看出每種原子的質量比、並從中了解原子量及亞佛加厥數

由表 2 的計算結果得到一個 ^1_1H 原子質量 = $\frac{1}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$ ，一個 $^{12}_6\text{C}$ 原子質量 = $\frac{12}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$ ，一個 $^{16}_8\text{O}$ 原子質量 =

表 4：亞佛加厥數與物質質量的關係

已知：1 個 ^1_1H 原子質量 = $\frac{1}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$ ，1 個 $^{12}_6\text{C}$ 原子質量 = $\frac{12}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$
1 個 $^{16}_8\text{O}$ 原子質量 = $\frac{16}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$
相當於 _____ 個 ^1_1H 原子質量 = _____ $\times \frac{1}{6 \times 10^{23}} \text{ g} = 1 \text{ g}$
相當於 _____ 個 $^{12}_6\text{C}$ 原子質量 = _____ $\times \frac{12}{6 \times 10^{23}} \text{ g} = 12 \text{ g}$
相當於 _____ 個 $^{16}_8\text{O}$ 原子質量 = _____ $\times \frac{16}{6 \times 10^{23}} \text{ g} = 16 \text{ g}$

表 5：物質質量、原子數量與莫耳數的關係

已知下列各元素原子量，C = 12、Na = 23，試回答下問題。

1 個 C 原子質量 = _____ g	→	6×10^{23} 個 C 原子 = _____ 莫耳 = _____ g
1 個 Na 原子質量 = _____ g	→	6×10^{23} 個 Na 原子 = _____ 莫耳 = _____ g
1 個 Mg 原子質量 = _____ g	→	6×10^{23} 個 Mg 原子 = _____ 莫耳 = _____ g
1 個 Fe 原子質量 = _____ g	→	6×10^{23} 個 Fe 原子 = _____ 莫耳 = _____ g

$2 \times 6 \times 10^{23}$ 個 C 原子質量 = _____ g	→	2 莫耳 C 原子質量 = _____ g
$4 \times 6 \times 10^{23}$ 個 Na 原子質量 = _____ g	→	4 莫耳 Na 原子質量 = _____ g
$6 \times 6 \times 10^{23}$ 個 Mg 原子質量 = _____ g	→	6 莫耳 Mg 原子質量 = _____ g
$8 \times 6 \times 10^{23}$ 個 Fe 原子質量 = _____ g	→	8 莫耳 Fe 原子質量 = _____ g

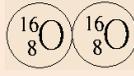
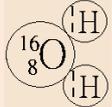
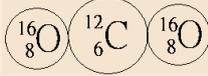
6 g 的 C 原子 = _____	莫耳 C 原子 = _____	個 C 原子
46 g 的 Na 原子 = _____	莫耳 Na 原子 = _____	個 Na 原子
243 g 的 Mg 原子 = _____	莫耳 Mg 原子 = _____	個 Mg 原子
84 g 的 Fe 原子 = _____	莫耳 Fe 原子 = _____	個 Fe 原子

$\frac{16}{6 \times 10^{23}}$ g。而由各種原子質量可以看出不同總類原子質量數值都有一個共同且數值很大的分母，即為 6×10^{23} 。如表 3 所示，可知實際上原子的質量是非常小的，而為了可以簡單地比較不同種類原子的質量比例，取其計算式中的分子訂為所謂的原子量。原子量的訂定是先以某一原子當基準，訂出量值之後，再以相同數目的其他原子做出質量的比較而求得。目前定 ${}^{12}_6\text{C}$ 此種原子的原子量為 12 u (unified atomic mass unit)，其他原子與 ${}^{12}_6\text{C}$ 與原子相比，得到其對應的原子量，又稱

相對原子質量。

舉個例子來說明不同人體重之間的比例關係：胖虎重量有 100 公斤重，小夫有 50 公斤重，兩人均知彼此體重，一天大雄問胖虎和小夫體重，胖虎不想告知真實體重，告知「我體重 60」，在旁的小夫則立刻算出和胖虎體重的比例關係，回答「我體重 30」。體重 60 與體重 30，相當於原子量的描述，只能顯示兩人體重的比例，當我們確認其中一人的體重之後，即可按照比例獲得另一人的體重，而 100 公斤重、50 公斤重才是兩人的

表 6：分子質量大小的比較

分子種類				
分子式				
分子真正質量	$\frac{\quad}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$	$\frac{\quad}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$	$\frac{\quad}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$	$\frac{\quad}{6 \times 10^{23}} \text{ g}$
分子量 (u)				

真實體重，因此不管胖虎所報的數值是否為 60，都不能改變真實體重為 100 公斤重的事實。

四、介紹亞佛加厥數

從表 1 至表 3 觀察所計算出來的原子質量，學生不難看到分母都有一個共同的數值，即為 6×10^{23} 。從表 3 得知每個原子質量都如此的小，需堆積多少個，質量才能有整數的數值呢？如表 4 所示，讓學生思考如何消除每種原子質量中共同的分母數值，意即將每種原子質量同乘 6×10^{23} 可將每種原子皆獲得整數的克數，因此 6×10^{23} 即為亞佛加厥數，而具有此數量的物質即為 1 莫耳。

至此學生較容易了解，不管哪一種原子，都可以用數量 6×10^{23} 個為基本單位，堆放成一堆，此堆的名稱在科學上即稱為莫耳。由這樣的教材設計帶入 1 莫耳 = 6×10^{23} 個的概念，學生印象更加深刻，而且 6×10^{23} 個是學生自己思考建構的數值，可以具體而不抽象、不疑惑且不陌生。接著再利用表 5 所示的練習，亦能讓學生思考後算出答案而不需死記公式。

五、分子量與原子量的關係

如表 6 所示，分子由原子所組成，故分子質量即為原子質量的總和，由前面所得原子質量，計算出下列分子質量，將所得分子質量數值的分子訂為分子量，而同樣可以用 6×10^{23} 個 = 1 莫耳，這個數值關係，來計數分子的個數與其對應的質量。

■ 結語

「細數原子與分子」單元向上承接原子結構概念並作為化學反應單元的知識基礎。目前國中教科書的內容只簡單描述原子量、分子量、亞佛加厥數、質量與莫耳之間的關聯，因此若能透過學習單的輔助說明與練習，可以提供機會讓學生更加理解名詞意義與單元之間的關聯性，而非只是單純記憶片段的名詞與公式。因此，本文作者野人獻曝提供自行設計的學習單作為教育夥伴相關教學之參考資料，若有相關建議歡迎共同討論指教。

■ 附註

1.

$$1.67 \times 10^{-24} \text{ g} = \frac{1.67}{10^{24}} \text{ g} = \frac{1.67}{10 \times 10^{23}} \text{ g} = \frac{1}{6.02 \times 10^{23}} \text{ g}$$