

國中物理疑難問題釋疑

郭鴻銘

國立臺灣師範大學

一、有效數字

國中物理第一章第四節有一題簡單的問題，茲節錄於下：

小華測得一長方體木塊的長為5.4公分，寬為4.2公分，高為3.4公分。求此長方體之體積：

對於此問題，許多老師表示很困擾，不知是否應該教「有效數字」？若要教，課文中又無說明，恐會超出範圍。因此，許多老師均希望課本中能增列一節專門說明有效數字的取捨用法。又有些老師認為國中物理介紹「測量」時，對於數據的估計法似與數學中所介紹者不同，不知如何應付此種情形。對於這些疑問，我們答覆如下：

在數學上介紹有效數字的使用及對測量所獲得之數據的記錄法中，確實要求數據只記錄到測量工具的最小刻度單位（least count），並且規定其誤差範圍為最小刻度的一半。以下圖為例，

米尺之最小刻度為1毫米，因此AB兩點之距離應記為3.2公分或32毫米，即它有兩位有效數字且誤差範圍為 ± 0.05 公分

或 ± 0.5 毫米。其含義應解釋為：如果誤差範圍為 ± 0.5 毫米，

則32毫米是A，B兩點間距離的

最佳代表值。但物理課本卻說明你可記錄為32.3毫米，原因何在？物理所處理的是實際的情形，

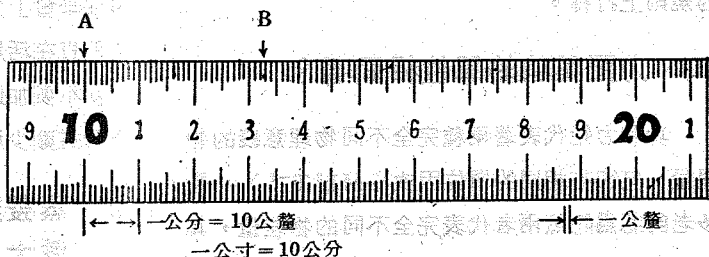
實際測量的誤差範圍即使所用的測量工具相同，隨著測量者之能力、經驗的不同而有不同的大小，一個十一、二歲的兒童總不能與一位有經驗的大人相比。因此，以上例為例，誤差範圍沒有理由一定是 ± 0.5 毫米，某些人為 ± 0.1 毫米，另一些人為 ± 1 毫米是可能的。因此其記錄方式也就沒有理由規定一定要寫成32毫米了！誤差範圍若為 ± 0.1 毫米，則記為32.3毫米反而是較佳的代表值，其基本精神與數學上所介紹者並無矛盾。

現在讓我們回到原來的例題上去。如果我們告訴兒童一個乘法的有效數字的法則：

兩數相乘，其積之有效數字之個數等於兩數中有有效數字個數較少者之有效數字個數。

則學生可算出 $5.4 \times 4.2 \times 3.4 = 77(\text{cm}^3)$ ………(77.11)

其中乘數、被乘數之有效數字均為2位，因此其



積亦有兩位有效數字，但是學生縱使能正確的計算，亦難以瞭解為何要取兩位有效數字。使兒童

瞭解之較佳辦法是舉例說明，如：

(1) 假設誤差的範圍是 $\pm 0.05\text{ cm}$ ，即長為 $5.4 \pm 0.05\text{ cm}$ ，寬為 $4.2 \pm 0.05\text{ cm}$ ，高為 $3.4 \pm 0.05\text{ cm}$ ，那麼其體積值應在下面兩數之間，

$$5.45 \times 4.25 \times 3.45 = 79.91(\text{cm}^3)$$

$$5.35 \times 4.15 \times 3.35 = 74.38(\text{cm}^3)$$

(2) 假設誤差範圍是 $\pm 0.02\text{ cm}$ ，那麼其體積值應在下面兩數之間。

$$5.42 \times 4.22 \times 3.42 = 78.22(\text{cm}^3)$$

$$5.38 \times 4.18 \times 3.38 = 76.01(\text{cm}^3)$$

根據上面兩例從左邊算來之第二位數彼此即已不同，如第一例之9和4，第二例之8和6，其他位數留之何用？因此答案取 77 cm^3 應很合理，取再多位數就顯得無意義了。但是讓我們再看另一個例子。

(3) 假設誤差範圍為 $\pm 0.1\text{ cm}$ ，那麼其體積值應在下面兩數之間。

$$5.5 \times 4.3 \times 3.5 = 82.78(\text{cm}^3)$$

$$5.3 \times 4.1 \times 3.3 = 71.71(\text{cm}^3)$$

此時我們可看出連第一位數也可能不同了。在物理上有時我們所碰到的誤差範圍之大小，大至代表值的50%亦有可能，此時連第二位都顯得無意義。因此對於原題正確的答法，老師所應注重的應該不是到底什麼是標準答案，而是學生能否指出他刪去後頭幾位數字的原因是由於誤差影響所致。這是命題的原意，希望老師們不要在死定的規則上打轉。

二、力矩與功的單位相同嗎？

功和力矩代表著兩種完全不同物理意義的物理量，但卻有相同的單位因次（ ML^2T^{-2} ）。許多老師認為既然兩者代表完全不同的物理量，其單位的表示法應該不同，以示有別才對。因此有些老師主張根據力矩的定義 $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ ， $\vec{r}$ 必須寫在 $\vec{F}$ 之前，規定力矩的單位應寫成公尺—牛頓

，或公尺—千克重。至於功的定義，由於是力與位移的無向量積（ $W = \vec{F} \cdot \vec{r}$ ）， $\vec{F}$ 與 $\vec{r}$ 孰先孰後均可，但為與力矩區別可規定為牛頓—公尺，或千克重—公尺。

作者個人的看法則認為不宜區別。在英制中對這兩個物理量的單位的確加以區別而且廣被接受，很不幸的是在英制中，力矩的單位是磅呎，功的單位是呎磅，其先後順序與上述的看法恰相反。這實在也沒有什麼關係，如何規定本來就是一種人為的約定，只要大家公認通用即可。至於在公制中，由於功的單位一向就另有名稱，稱牛頓—公尺為焦耳，而力矩的單位則沒有，因此兩者間頗易區別，也就沒有任何區別它們之規定的必要了。但是在國中物理中，力的絕對單位要到第三冊才提及，在第一冊只提到重力單位，因此只有將就使用公尺—千克重，千克重—公尺的單位。這兩種單位記法不但少用，且亦無特殊名稱，這才引起大家認為有重新規定加以區別的必要。只是大家想想，如要區別的話是要與英制中的規定法相一致呢？還是要與第一段中的看法相符合？有沒有一定要區分的必要？當我們說某人作功 $\times \times$ 千克重—米，施一力矩 $\times \times$ 千克重—米，會引起誤解嗎？我們不是已明白的說出那一個是功？那一個是力矩了嗎？（校長的長和長度的長，同一個字代表不同的意義，似乎也不會引起混淆。）根據部份人的見解、意見就即刻由少部份的人加以規定，影響衆多學子，而不經過例如「物理學會」大會的認可通過，好嗎？除此之外，科學貴在活用，能不須要多一層人為的規定，最好就不要加以規定。因此作者認為對於千克重—公尺這類少用之單位，實無加以區別之必要。

三、蒸發熱與汽化熱相差多大，到底孰大？

第十三章第二節有一段文字如下：「……液體不在沸點而以蒸發形成汽化時，每公克所需的

熱量就叫做蒸發熱。其值隨溫度而變，不過和它的汽化熱相差不大」。對於這句話有老師抱怨說：「應說明蒸發熱比汽化熱大或小，不要只寫相差不大」。

如果我們把上述中的最後一句寫成「……其值隨溫度而變，蒸發熱一般均比汽化熱大」，很多老師與學生會覺得他所需要的知識（零碎的）已經明白的說出來了，而不再想到要去問「為什麼？」了。但是我們寫的是「相差不大」，希望能由於不能滿足師生想要知道事實真象的慾望，以之作爲誘因而引起學生的思考探究，詢問「為什麼會有差別？」，「為什麼相差不大？」等問題，這些問題作者認爲以學生所學過的「物質的分子模型」並不難加以解釋。我們原即不希望學生只問及「到底誰大？誰小？」，顯得太過於重視零碎知識又缺乏主動思考的習慣。

對於誰大、誰小的問題，標準答案是蒸發熱比汽化熱大。下面有關水的數據可供參考。

溫度	蒸發熱
100°C	539 卡/克（即汽化熱）
50°C	569 卡/克
20°C	586 卡/克
0°C	597 卡/克

告訴學生這些以後，學生除了多知道蒸發熱比汽化熱大以外，（這對於他並沒有什麼太大的好處）他什麼也沒學到，反之如果老師能提醒學生回憶：

(1) 分子由液體的表面掙脫其他液體分子對它的束縛之現象就是蒸發。

(2) 分子的熱運動愈大，愈容易掙脫其他分子對它的束縛。

(3) 組成物體之分子的熱運動動能隨物體溫度之增加而增加。

相信學生很容易自己發現蒸發熱應比汽化熱大的事實。學生經過此一過程的學習，第一由於自己能思考發現：會有成功的滿足，對自己更具信心

，對物理更有興趣；第二對物質分子模型多一層思考，多一層瞭解，並學會應用分子模型以解釋其他與物質特性有關的現象，拓展了他的思考範圍與複雜性。因此，我們希望老師們教學時應能切實把握教材之精神所在。



鼓勵科學研習 提高科學水準 教育部公布科學教師獎金名單

教育部於三月廿四日下午公佈六十五學年度中小學科學教師獎金得獎名單，共有四十八位教師獲獎。得獎人名單如下：

研究著作、教具創作、技術發明類：高中教師組優等一名：陳維壽，甲等四名：陳秋銀、戴顯文、李正財、施漢民，乙等兩名：薛富郎、吳守仁。國中教師甲等一名：紀介人，乙等三名：傅連輝、張仁春、許榮家。國小教師優等三名：林照明、吳國禮、陳三和，甲等五名：紀傳名、徐曉波、鄧子誦、黃榮坤、李秉彝，乙等三名：林哲民、鄭來旺、陳瑞柳。

教學優良類：高中教師甲等兩名：車乘會、戴榮佳，乙等一名：陳平生。國中教師特優一名：王耀錕，優等三名：張瑞堂、王顯榮、陳從傑，甲等三名：徐明昇、蔡清祥、楊五嶽，乙等兩名：吳偉源、謝華兆。國小教師特優一名：許耀庭，優等三名：賴慎一、鄭裕輝、黃式晉，甲等三名：陳能通、李保松、朱崇能，乙等七名：賴要三、施振坤、楊進昌、李榮欣、廖昆樑、黃金士、陳敬興。

以上得獎人，除了頒發獎狀以外，另外頒給獎金，特優新臺幣兩萬元，優等一萬元，甲等五千元，乙等三千元。

本社