

小學和初等理科教育實驗教學之條件及實例

日本相模工業大學 大竹三郎 著

國立臺灣師範大學物理系 蘇賢錫 譯

§ 1. 以實驗當教材之條件

當做教材的實驗要具備具體的形式，需要一定的條件。換言之，具備教法上的一定形式，始能在授課中採用。實驗經過整理而滿足這些條件，始可稱為具體化。

筆者認為「學校實驗的條件」有下列五點。

[A]

1. 授課的課題明確表達在實驗的方法。
2. 由該科的學術立場來看，具有可以允許的正確性。

[B]

3. 能在短時間內做完。
4. 器材、裝置、操作簡單。
5. 安全。

[A]1,2 條件不可缺少 [B] 3 ~ 5 的條件，而 [B] 的條件不可較 [A] 的條件為優先。

或許有人判斷，這五個條件缺乏通融性或多餘的。而且各個條件的內容，究竟達到何種程度才能符合條件，則因各人的標準而異。然而，筆者並不因為如此而認為不要這些條件。本來就是不能明確畫出一條基準線，但是筆者認為實際授課可以決定這基準。

在再檢討學校的實驗來開發新實驗時，上列五個條件也可以成為有效的指標。尤其是附帶在五個條件的 [A][B] 優先問題很重要。

實驗所用的材料，也必須由五個條件來考查。至少，不喜歡自然科學的教師與學生，除非是在手邊的材料，否則不容易去實行。授課時也是一樣。所謂動過腦筋的實驗，雖然在許多地方發表很多件，但是廣泛普及而固定在授課中的，意外地很少。在筆者所見的範圍內，這些動過腦筋的實驗，多半是為了喜歡自然科學的教師來設計的，第一，多數屬於熟悉材料與工作的人始能辦到。日本小學的現況是，不喜歡自然科學的教師，比喜歡的教師為多。

筆者自己喜歡將（我的）五種材料，鋁箔、吸管、迴紋針、橡皮圈、鋼棉來當做「中

小學自然科學實驗工作的基本材料」。下面所述的風車實驗也是利用這些材料。

此外，根據筆者的經驗，上列五個條件中，以條件 1 為動機來檢討現行的實驗之結果，必然會滿足條件 2。反之，追求條件 2 來達成理想的實驗方法時，自然滿足條件 1。因此，筆者認為，條件 1 與條件 2 的可逆性不成立之實驗，一定有某些缺陷。上述的綜合結果，在條件 3，4 也很適當。

§ 2. 依據「學校實驗的條件」之實驗再檢討

此處將以初中的融點與其測定的實驗作為再檢討之例子。在某一個時期，為了使萘或 P 二氯苯融點的測定值儘量接近文獻值，我國初中教科書想用凝固點的測定來代替。然而，凝固點的測定，不但使學生對融解概念的興趣降低缺乏變化，而且需要長時間，以教法的觀點來看，不大理想。

融點的測定法，有利用毛細管的方法，但這方法也因試料少量或必須準備毛細管而不能說是適合學校實驗的條件。上面指出的問題，都可以說是不符合筆者五個條件中的 [A]1。

筆者所做的融點與其測定之實驗方法，大概情形如下。

以直徑 15mm 的試管取試料 3 ~ 6 g，將其插入 18mm 的試管內。將這雙重試管垂直立在 500 cm³ 燒杯（內裝有水 100 cm³）中，將水加熱，則可一面控制內部試管內試料的溫度上升速度，一面間接加熱。這時，因裝有試料的內部試管底位置之高低而冷却效果的作用發生變化，可以在某範圍內調整溫度上升速度與到達溫度。根據這種方法，可以觀察 P 二氯苯的融解情形，且可確認融解中溫度不上升，以及融解時的溫度大約等於 54C°。實驗所需的時間也很短，完全滿足所有的「學校實驗的條件」。

§ 3. 「質量守恆定律」的概念與其實驗

化學變化中，質量守恆，如果要以「利用天平來表示這個結果」當作課題，則這實驗非常簡單。例如，在燒瓶內分別放入食鹽水與硝酸銀水溶液後予以密栓，使其發生反應，檢查質量有無變化即可。或者，發生氣體的反應，也在塑膠硬瓶內放入少量鹽酸與石灰石來反應，則因能忍受少量壓力的增加而可以檢查質量守恆與瓶內二氧化碳放出後的質量之減少。

然而，多數學生對這些實驗的感想，相當不同於教師對本定律的實驗之認識。換言之，就教師而言，雖然物質發生這種變化，但是整個質量保持不變，因而受到一種感動。另一方面，就學生而言，因為「物質封閉在密閉容器內」，所以在直覺上，質量當然不變，因而對這驗證實驗毫不表示感動與興趣。

但是，鎂帶燃燒後的白灰質量比燃燒前增加，這件事實却能使這種學生大吃一驚，感到奇怪。甯說，物質因質量而發生的變化，其追求的信賴在於質量的不變性，而不變性也許可以成為有用的手段，但對多樣的變化而言，可以說是缺少興趣的。因此，質量守恆定律概念的形成，要透過鎂帶的例子那種「奇怪」的現象來驗證質量的不變，始能固定。可

是，要驗證這種現象時，反應中往往物質會逸散，非常不容易證明質量的不變，反而導致錯誤的結果，使學生認為「質量還是會減少一點」。如果依然期望正確性，就會違背實驗的條件 3，4。這樣一面考慮諸條件，一面準備學校實驗的形式與內容，這種過程筆者做效工匠逐漸完成作品的工程而稱為「實驗被完工成為教材」。

依照筆者的見解，很多學校的實驗尚未完工，可以說是尚待完工未能發揮真正教材的機能。

筆者要提議的「質量守恒定律的實驗」如下。

1. 將碳酸鈣（粉末 4 g）放入塑膠袋中，再將鹽酸（6M, 20 cm³）與氫氧化鈉水溶液（10M, 30 cm³）分別密封在小容器內後，放入塑膠袋中。將袋中空氣趕出後密封秤量。
2. 首先，打開鹽酸的栓，使其與碳酸鈣發生反應。二氧化碳生成（960 cm³, 20°C）而塑膠袋脹大。
3. 其次，打開氫氧化鈉水溶液的栓，使其吸收二氧化碳。這反應同時使碳酸鈣沉澱，溶液中因酸鹼的中和而生成食鹽。
4. 這時能夠確認顯著反應熱。
二氧化碳完全被吸收，塑膠袋完全收縮。
5. 秤量塑膠袋，確認質量依舊。

§ 4. 「風車」的實驗

為了小學風車的手工以及有系統學習風車的原理而提議本實驗。由於時間的關係，簡單說明如下。

本實驗的目的：對小學生來說，風車本來是玩具。於是，將其視作具有「玩具」性質的「風車的物理學」或「科學遊戲」，希望加強快樂遊戲的活動。其內容也是以發現「風車的規則」為目的之學習。

學習及實驗的次序

1. 由高處扔下長方形紙片，則滴溜滴溜地轉著落下。
2. 將長方形長紙片摺成一半，使其成為像直升機的螺旋槳一般，令其落下。為了使它像直升機的螺旋槳一樣滴溜滴溜地轉，要怎麼辦才好？
3. 像四翼螺旋槳的直升機一般：
將四張長紙帶摺好，交織在一起，使成井形。在這井形螺旋槳裝上一軸，就變成風車。
4. 像三翼螺旋槳的直升機一般：
這次用三張紙帶來做。它一面旋轉一面落下，在地板上也繼續像「陀螺」一樣轉動，可以命名為「降落陀螺」。
5. 四翼螺旋槳（井形）用針釘在木棒（木筷子）上就變成風車。

扭轉螺旋槳就會滴溜溜轉動。

向上向下移動，調查轉動情形。

在軸的兩端裝上螺旋槳看看。向前方移動時，那一個螺旋槳會轉動？向後方轉動時，那一個螺旋槳會轉動？以1~4的經驗為基礎，由5的實驗能夠理解風車轉動的規則。

6. 製作雙重與三重的風車。在軸的一端裝上大小或大中小螺旋槳。伸直半根迴紋針使成直線狀來代替針，用它來刺穿就可以。將大小螺旋槳的扭轉方向反過來，就變成轉動方向不同的雙重風車。

7. 製作風向風力計。將四組螺旋槳裝在直交的二軸之兩端，將其固定在長棒前端，垂直立起來，就變成利用風車的風向風力計。