

科學的學習過程 — 觀察與記錄

歐陽鍾仁

當一個學生全神貫注進行某種學習活動時，他將經歷一連串繁雜的學習過程。一個問題的發生，往往會引發學習動機，經不斷的嚐試錯誤，直到滿足動機，解決問題為止。其整個過程複雜而艱辛。

我們可以提出幾個有關學習過程中的問題特徵，例如，我們可以利用各種方法收集各項資料，依資料的特性加以整理、分類，再對這些問題作一預測、推理和統計，然後將這些資料重作解釋與研討。在進行上述工作的同時，應對各種的可能變因先加以控制、選擇與嚐試錯誤，再進一步收集有關資料，以建立假說。

經由以上過程，找出較實際的操作型定義後，即可獲得較確實的概念，而循此途徑也可再發現新的問題。

如果能徹底完成各種學習活動的完整過程，那麼就能逐漸建立起基本的學力，且能更進一步的予以提高，這就是我們培養學力的一種構想。

觀察之活動對各種動物而言，主要是為了保障生存而產生的行為，這種行為包括蒐集資料，以獲得各種知識，因此它應算是種最基本的活動。此種觀察必須配合各種感官的作用才能進行。人類透過物理經驗以獲得各種知識的質與量，其先決條件在於觀察技術的靈活運用。

觀察的對象，不僅限於自然現象。對每一個人而言，觀察技術固屬於基本學力，但在科學學習活動的整個過程中，觀察僅為其中之一。

一、觀察在學習活動中所扮演的角色

兒童可用各種不同的方法來蒐集資料，這也是觀察的一種。而所謂觀察方法本身，也有一些

程序。必樂克曾做有關觀察方法的研究報告，茲摘錄其要點於下：

(一)從日常生活的經驗開始觀察。

(二)從聽取他人的說明，或參與研討當中來觀察。

(三)藉著廣播、錄音帶……等來觀察。

(四)從閱讀報告、論文等有關資料來觀察。

上述方法，並非是個別獨立互不關連的，而是一串連續性的活動。因此在各系列的語言學習中，觀察應算是語言學習方法的一種。兒童要紮穩基礎學力，非得確實做到上列事項不可。同時，不論文科或理科的學習，均可從具體觀察或日常生活的經驗中來蒐集資料，如此將各種經驗累積下來就可成為學力的基礎。

二、從自我中心到客觀的觀察

觀察的技術與知性的發展也有密不可分的關係。

有一天，三歲五個月大的小明，看到一個裝有紅茶的茶杯，他仔細瞧著杯內的方糖後，突然大叫一聲——

「唉喲，方糖怎麼愈來愈小了？」

在他身邊的母親聽到後，就對他說：

「不是變小了，它是在慢慢地溶化掉！」

在這情境中，「慢慢變小」就是一種正確的觀察，「溶化掉」就是一種具有相當經驗的解說。當然，此種解說包含了使兒童無法接受的概念在內。小孩在成長的過程中，總會不斷地發現到許多他認為不可思議的自然現象，而小明到了三歲五個月大的時候，就可觀察到「方糖變小」的現象。

學校裏的教師與家長們應運用各種方法將此種值得「驚奇」的發現，透過日常生活使兒童能獲得豐富的經驗，這在教育上對兒童的啟發具有重大的意義。

小學低年級的科學課程中，有果汁的觀察實驗：在四個茶杯內分別裝著蘋果汁、橘子汁、蘿蔔汁、水等四種不同的液體，讓學生做果汁的分類觀察。

在此項學習活動過程中，兒童均以

- 1 根據顏色
- 2 根據聞到的味道
- 3 根據嚐到的味道
- 4 沒有味道

等種種嚐試做為判斷依據。其中只有二位學生說：「黃色的果汁中有味道。」他們是根據顏色和味道雙重標準來判斷的。其餘三十位學生僅能根據單一標準來判斷，而沒有人能列舉出三種以上的理由來做為判斷的依據。由這項測驗結果，我們可發現到，低年級學生的想法是很單純的，他們不易改變自己的立場和角度來做觀察。

在小學中年級的科學課程中，有一教學單元是「肥皂的學習」，其中有一個問題是：「肥皂在水中會產生什麼變化？」學生有下列各種反應：

項 目	人 數
會溶解	68 人
會變混濁	11 人
會變白色	10 人
會變成稠黏狀	1 人
會沉澱	1 人

他們的回答，大部分為瞬間（反射性）的反應，而很少有連續追蹤觀察的反應。實際上，肥皂在水中溶化時，會先呈線狀再逐漸地擴大，混合液會愈變愈白，肥皂則逐漸變小。但是很少人能做到此種連續追蹤的觀察，大多數學生僅能做到單純的瞬間觀察。

兒童觀察能力的培養應著重於連續性的觀察

。教育的目的並不在於要求學生必須於學習後獲得某種結論，而是在於整個的學習過程就是學習標的。教師必須配合學生的能力，使學生在充滿學習動機的學習過程中，逐漸獲得正確的知識。杜威當年主張的教育目標（goal）即力主教育過程（process）的重要性，是不無道理的。

觀察的活動不可單獨或孤立進行，而應配合個體的發展階段，因為觀察活動應視為個人思考活動的一部分。

三、以客觀的方法蒐集資料

一般說來，我們對自己所知道的，所關心的問題，往往都會加以仔細觀察，而個人或是小組所做的觀察記錄，總是不十分精確，難以獲得一個完整的系統。若能蒐集較多數人的觀察記錄，則資料將更臻完備。通常，個人的觀察活動都是根據他本身的資料，可歸納為下列三種：

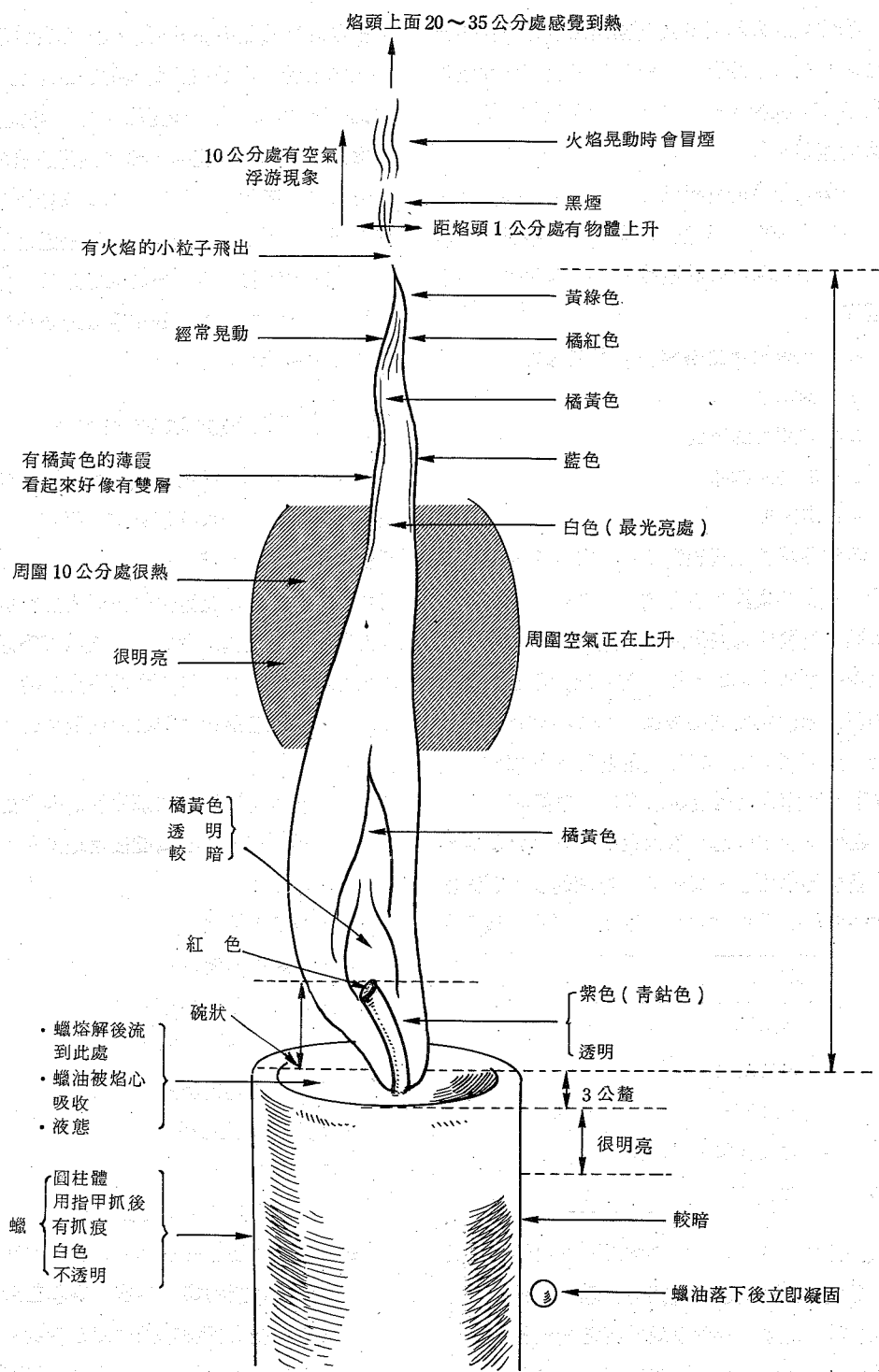
(一) 由五官所察覺到的片面資料群。如圖一所示。

(二) 包含時間經過和蠟燭燃燒過程的資料群

- 1 點火後，燭心周圍慢慢地熔化，構成一個窪面。
- 2 慢慢地熔化。
- 3 蠟燭慢慢變短。
- 4 燃燒時燭心長度不變。
- 5 火焰保持同樣形狀。
- 6 經常有晃動現象。
- 7 火焰呈圓錐形。
- 8 燃燒時沒有發出聲音。
- 9 燭火熄滅後，焰心會冒白煙。

(三) 含有主觀的情感因素或解釋的事項。

- 1 火焰包括內焰、外焰、焰心三部分。
- 2 火焰帶有四種不同的顏色層次。
- 3 由於空氣的振動，火焰經常呈不安定的動態。
- 4 中心部分不很熱。
- 5 火焰看起來很柔軟。



圖一 蠟燭的觀察

6. 蠟受熱會熔化。
7. 熔化的蠟降低到一定溫度時，會再凝固。
8. 火焰看起來很暖和。
9. 火焰愈上端愈漂亮。
10. 可以看出毛細現象。
11. 外焰完全燃燒。
12. 外焰溫度最高。

上述三項中，其中以第一、第二項是屬於客觀的資料，第三項則屬於主觀的資料。客觀的資料常為價值判斷的主要依據。通常所謂真正的觀察力，是指能夠獲得正確資料的觀察活動而言，這種觀察活動愈正確，次數愈多，則歸納出的原理原則愈精確，信度亦更高。

四、正確的觀察能夠發現 更新更高深的問題

小學生觀察蠟燭燃燒時，可能會問：

- 「為什麼火焰會呈逆三角形？」
- 「為什麼蠟燭熄滅時會冒出少量白煙？」
- 「為什麼向火焰吹風時會冒出黑煙來？」
- 「為什麼火焰在不同的場所不同的用途？」

如上述各種問題，其性質與蠟燭為什麼會燃燒、會發亮的問題不同。人類對自然現象均存有強烈的好奇心，而自然現象本身又非常具有吸引力，使人不由自主地熱衷於對大自然的探討與研究。

蠟燭上端燃燒後會成窪狀，其原因何在？為什麼熔化的蠟油會自動流下來？火焰周圍的部分為什麼會變得較暗？火焰的溫度有多高？蠟燭的燃燒過程又是如何？……等諸多問題，就會在你凝神注視著蠟燭的燃燒時，自然而然的產生。至於所產生問題的深淺層次，則隨個人智能發展的情形而有所不同。不同的個體面臨相同的問題情境，其所關心的問題性質不一定相同。因此，問題的難易、深淺就成為研究問題的價值所在。

不論問題是深是淺，根據觀察後所得的全部資料，彼此間都具有相當程度的相關。我們所做的蠟燭燃燒實驗，不純粹是燭火的燃燒，它更牽

涉到有關物理方面，化學方面等其他問題。

學校裏的教師經常依自己的方法與想法來準備問題，然後在課堂上，將這些資料填鴨式地硬塞入學生的腦海中，並勉強學生對它產生興趣和好奇心。這種教學方式是不當的。而且強迫兒童對他所從未經歷過的現象產生興趣與好奇心，是有違教學原則的。歐美各國的教學方法，通常是先由教師自備教材，再將此資料提供給學生，讓學生酌情吸收，並自動去發現問題，提出疑難；教師再根據這些問題做為教學重點，加以討論、解釋。這種教學方式的實驗研究，目前已有顯著的成果。

五、根據資料來推理與預測

著名的英國科學家及科學教育家法拉第所著「蠟燭的科學」一書中，對於蠟燭的燃燒有下面的說明：

正在燃燒中的蠟燭，其上端會形成一碟狀，由於蠟燭燃燒時產生的熱量使周圍空氣膨脹，而形成一股由下往上衝的氣流，因此，外邊溫度較低，蠟燭外緣也就較中間部分冷。同時，火焰順著燭心往下燃燒，所以蠟燭外圈不會很快熔化。如果在蠟燭後方用一物體擋住，這時上升氣流被擋住，碟狀部份就形成一斜面，蠟油就會往下流。其原因為，液體的表面經常保持水平，當蠟燭的頂端碟狀部分無法保持水平面時，液體就要往下滴落。亦即蠟燭燃燒時，周圍形成一股上升氣流，使得蠟燭熔成碟狀，當蠟燭燃燒時必須形成碟狀才能夠完全燃燒，而沒有蠟就無法形成碟狀，這就是蠟燭必須用蠟做成的原因。外形美觀，刻有不規則條紋的蠟燭，看起來是很美，然而這種蠟燭燃燒起來不理想，因為上升氣流不規則時，蠟燭上端無法形成碟狀，蠟燭也就不能夠完全燃燒了。

我們對正在燃燒中的蠟燭，其上端之所以會形成碟狀現象的解釋，是根據仔細觀察後，經過簡單的試驗，將觀察所得的資料歸納整理出來的

結論，這也就是所謂的「預測」(prediction)的知識。

前面曾提到的幾個問題，如蠟燭為圓柱體，周圍有氣流上升，離火焰最近的部位較熱……，這些都是形成碟狀現象的原因；換言之，我們必須根據經過仔細觀察後所得的資料再做推理。

火焰下端為什麼會呈藍色呢？根據觀察，我們發現此現象通常產生在與空氣接觸的機會較少的區域，但是僅根據此項資料，仍無法做深闢的解說。

又，為什麼蠟燭燃燒時能經常保持一定形狀大小的火焰，且能繼續不斷地燃燒？我們若想對這問題加以推理，可從第一和第二項資料群中選擇有關資料來做推理的依據。

究竟蠟燭在整個燃燒的過程中產生怎樣的變化？若要對此問題加以推理或預測，單憑第一、第二項資料是不夠的。現在我們又面臨一個新的問題——如何尋找新的資料以解決新的問題？

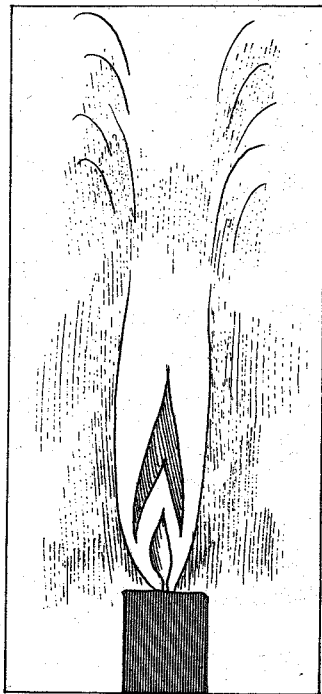
六、觀察所得的新資料能增加知識深度

光照射在燃燒中的蠟燭火焰上時，構成如圖2所示的各種不同明暗程度的陰影。我們仔細觀察這種現象後，將可獲得一些新的資料，這些資料有助於我們對火焰的結構做更深一層的了解。

藍色的火焰較透明，光較易透過。緊接焰心的部分，影子較淡，有點透明，較上面的部分沒有陰影，較透明。最上面的部分有很濃暗的陰影且呈圓錐形。在周圍有一層透明物包圍住，比其他地方明亮。在火焰的四周（包含蠟燭本身在內）很清楚地映出形成上升氣流的狀態。光照射在火焰上形成影子的濃淡程度，可用來說明光線通過的程度。

從上面這些資料，我們可得到如下的推論：火焰裏面含有不透光的固態粒子，因此，火焰顯得特別明亮而影子也最濃。此項推論極可能是正確的。

我們若能循此方式，慢慢地去觀察、推理以探求各種自然現象，相信每個人必能獲得更高深



圖二 蠟燭火焰的影子

七、發霉麵包的觀察與記錄

有人曾對發霉的麵包做過如下的觀察與記錄：霉的顏色有灰黑色、白色、綠色等；有的麵包在表面上長滿了霉，有的僅在局部長霉；當你靠近發霉麵包時，會聞到一股非常難聞的味道；你拍一拍它時，會有許多類似灰塵的小粒飛揚起來。

上面是有關發霉麵包之觀察的初步記錄，我們可看出這項觀察已能掌握住部分的客觀資料。學生可就自己的觀察結果及所發現的問題加以整理，做為學習計畫和設計實驗的依據，然後再實地實驗、觀察，最後再將實驗的方法和結果記錄下來。

什麼叫做「記錄」？凡是經過正確的觀察，將其結果與事項加以詳細記載、整理的工作就叫做記錄。換句話說，觀察與記錄是不可分的，二者相輔相成。良好的記錄是成功的觀察活動中不可或缺的要素之一。

這種學習活動，應包括下列事項：

1. 蒐集資料
2. 寫出資料
3. 讀出資料
4. 以同學間、教師間的對話為基礎，彼此溝通意見。

在新式的課程中，有一種叫統合課程（integrated curriculum），就是由於重視這種學習活動而開發出來的一種新的課程。

八、以培養觀察技能為目的的教材重點

近年來，以培養觀察技能為目的的教材編排正積極的在發展，其中以開發低年級兒童的知能最受重視，其教材重點包括了下列幾項：

1. 讓兒童能欣賞日常生活環境中的各種生物和事物。
2. 讓兒童能發現到各種生物與事物會隨著時間的經過而產生各種不同的變化。
3. 能區分出物體的各種形狀，如正方形、圓形、三角形的區別。
4. 讓兒童能區分出各種不同的類型（pattern）。
5. 能發現各種生物的結構與形態。
6. 能區別生物與無生物的特徵。
7. 能理解有關力的功用。
8. 能夠指出事物間的相似、相異點。

以觀察技能之培養為教材重點的行為目標如下：

1. 能區別紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等各種顏色。
2. 能指出各種物體在各種不同場合的溫度變化。
3. 能夠對各種音、色加以判別與分類。
4. 能夠對各種味道加以敘述、分類。
5. 能夠根據五官做各種觀察。
6. 能夠作定性和定量的觀察。

7. 能使用高度、廣度、顏色、溫度、型態等項目來描述固體變成液體的變化過程。
8. 能判斷磁鐵的型態與功用，及其與金屬間的作用情形為何。
9. 能說出植物顏色改變的原因。
10. 能區別某一種動物受到外界刺激後會產生何種反應。

這些教材是為了要培養觀察技能而被列舉出來的。事實上其功效不僅是觀察技能的獲得，同時在學生進行觀察活動的過程當中，因透過觀察而能獲得有關該學科中相當程度的基本概念。學習目標以觀察為重點，但它與基本概念的獲得有非常密切的關連，這也就是教材研究的重點所在。

學習的真正目的，在於根據觀察，以尋得客觀資料，獲得事實的真相，再根據此資料做為推理的依據，充實預測的論點，以做最正確的判斷。

觀察的技能必須透過某種概念才能訓練出來，而技能本身亦能促進概念的形成。由此可知，觀察的技能與各種學習間有密切的關連，而觀察技能能促進兒童知性（cognitive）的開發。

〔作者現職：國立台灣師範大學物理系副教授〕

（上接 59 頁，國中自然學科學習成就評量資料）

(d)可利用突變來改良動植物品種

20. 行為目標：〔B28-(30)-300〕運用遺傳記號，以說明利用突變基因改良品種的具體方法。

設雞的產卵量由 A 與 a 基因控制，抗病力由 B 與 b 基因來控制。原有一雞群基因型為 aa BB（產卵甚少，但抗病力強）；另有一雞群基因型為 AA bb（產卵多，但體弱多病）。試用遺傳基因的各種符號表示，培養新雞種的方法。