培養一個會思考的高中生 —
以滲透實驗為例

楊璧如　老師
國立內壢高級中學
bionlhs@gmail.com

掃描QRcode，
下載最新電子檔

前言

大家是否曾在忙碌的工作之餘再次想想，教育的目的是什麼？科學教育的目的又是什麼？我們所培養出來的孩子是什麼樣的孩子？在臺灣，教學長久來被考試牽著鼻子走，久而久之，學生對於課本內所教的內容僅視爲短期考試所需的訊息，而非了解更高深知識的基石，更不會拿來實踐。不然，隨意問幾個學生塑膠可不可分解？如何減少塑膠使用量？他們必定都能講得頭頭是道。但是在各大學、高中外的飲料店、早餐店往來使用著一次性塑膠袋的學生卻滿街都是，很弔詭的現象，不是嗎？

所以，撇開12年國教或是107課綱樣板式的宣傳，教育的意義應該是培養有思考能力、有學習能力、有驗證能力，甚至可以用行動改變自己、改變生活、改善社會的人。而科學在生活中具有重要價值，科學教育則能培養解決問題的能力，並以探索與合作方式學習，期望能提升科學素養。現在以傳統填塞知識爲主的教學法已不敷使用，但其實只要改變一點點的要求，或增加一些不同的活動，即可使學生得到實用的能力，也能符合新課綱的精神。在接下來的篇幅，將分享一些能增進科學素養的活動供大家參考。

科學素養的認識與培養

提升全民科學素養是近年來先進國家逐漸重視的議題，期望未來公民能具有足夠的科學素養，積極參與和科學有關的社會議題討論或科學想法並做出貢獻。因此，如何在課程上讓學生獲得實際的科學素養及能力，便是教學的一項重要工作目標。國際學生評量 (Programme for International Student Assessment, PISA)將科學素養定義爲：

- 面臨科學相關議題時能夠應用科學知識去發現問題，形成新知識，並根據證據形成結論。
- 了解科學是人類探究的結果，包括科學知識與科學方法。
- 察覺科學和技術深深影響著人類的生活環境、物質的、符號的與文化的環境。
- 能參與科學相關社會議題或科學想法的討論。

學過的知識或許會忘記，但是科學素養的能力是讓人在遇到問題時能快速學習、尋求解決之道的一個重要基礎。閱讀科學新聞、了解科學史、培養觀察能力及實驗操作、設計能力等都是增進學生科學素養的工具。在上課時給予科學新聞文本讓學生參與討論，經由介紹科學史讓學生了解科學進程與科學的本質和發展，藉由實際操

作實驗培養學生學習探究的歷程，在現今課堂上其實都是可以執行的，當然，這些都需要時間成本，最開始的準備工作或許是調整進度與心態。

有鑒於學生對於生活中的自然科學現象缺乏觀察及解釋能力，教師可帶領大家在日常生活中做觀察，以科學探究的角度解開自然現象背後的原因，設計實驗驗證，並與學理結合，讓知識在生活中實際應用。除了觀察實作外，也將訓練同學收集資訊、口頭表達與課程及實驗紀錄，讓同學能在課程中學習如何以口語或文字完整呈現課程經驗，一個比較方便的方式就是進行課本食譜式實驗的前置探討或是延伸實驗。

以滲透作用實驗為例

一. POE教學

滲透作用在網路上可見許多老師的教案，如阿簡老師分享之「海帶芽吸水的POE教學策略」、「滲透教學裡的泡菜POE」，施老師分享之「擴散與滲透──POE探究式教學 (2013)」文章可參考，作爲POE教學入手。雖然有些科教老師或教授覺得POE教學比較適合物理科，但是在學生從未認眞以科學態度去描述觀察物，或是習慣使用所學過的科學概念前，POE倒不失爲一個讓學生練習的好方法。

學習單(圖一)

請注意是實驗用品 請勿食用　　班級　　座號　　姓名

細胞生理學習單

實驗 I

步驟：

1. 將高麗菜撕成半個手掌大小置入盒中，再加入 3 匙鹽
2. 搖晃混勻
3. 30 分鐘後觀察高麗菜有何變化

問題

1. 先預測一下，高麗菜會如何變化？

2. 30 分鐘後觀察高麗菜有何變化？

3. 請試著說明為什麼會發生這個現象？

圖一 ：搭配POE教學的學習單

課程實施步驟

1. 前一節上課先將學習單發給同學，請同學回去預習，並先回答每個實驗第一題部分。
2. 上課時發給學生材料和器材，請學生照著步驟做。
3. 教師巡視各組察看實驗步驟及是否有疑問。
4. 收回學習單。

學生易發生的問題與回饋

1. 課程進行過程：

(1) 此次實驗過程簡單，且學生多有生活經驗，故實行起來並無太大問題。

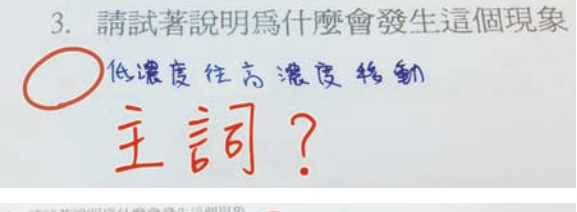
(2) 此次實驗主要是以定性為主，雖然課前有提示同學可以注意量的變化，但第一次作實驗之高一學生似乎無法切中要點。

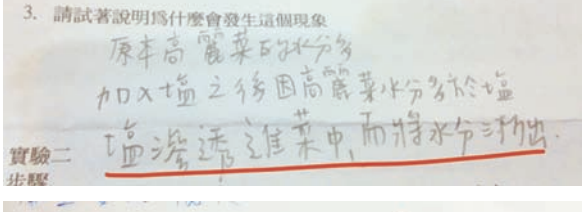
2. 學習單問題：

高一學生第一次接觸問答題，多有表達不清的狀況。茲針對學習單第3題，將學生寫出的問題句子簡單列（表一）如下。

表一：彙整學生答題有問題的狀況
學習單第3題——請試說明為什麼會發生這種現象？

類別	學生的寫法
回答不完整	• 低濃度往高濃度移動。 • 高麗菜內濃度低於外部，水分擴散而出。
濃度概念不正確	• 細胞的水濃度高往濃度低。 • 因為外面水分濃度較低，所以高麗菜會出水中和。 • 水經滲透作用從高麗菜中跑到濃度較低的鹽。 • 高麗菜內的水分濃度高於外部。
滲透概念不正確	• 原本高麗菜的水分多，加入鹽後，鹽滲透進菜中而把水分析出。 • 鹽會吸水。
濫用名詞	• 鹽是鹼性的，但高麗菜是中性的。我的想法是細胞內的水是中性pH7，外面是較高的濃度＞pH7。所以較高的鹽水應會灌脹高麗菜細胞，但因為有細胞壁故未破。
表達敘述有問題	• 鹽的濃度高，把菜的水分吸走→出水，菜因為缺乏水分而萎縮。 • 高濃度的鹽水將水分從高麗菜中帶走，使高麗菜萎縮。 • 因清水濃度低，海帶呈現低張所以膨脹。 • 鹽分使植物細胞萎縮成皺狀擠出大量的水。 • 鹽水為高張溶液，所以海帶裡面的細胞縮水。 • 水分子由低濃度往高濃度跑。 • 鹽把細胞內的水排出。





在做完實驗後，更重要的是要和同學共同討論這些迷思概念或是不精確的話語應如何改正，針對學生常見的問題列出範例，並說明應如何修改，以及迷思概念的釐清，如濃度的定義、滲透的定義，還有如何以完整句子表達，利用科學性的語法書寫，以及利用已學過的科學理論佐證實驗結果。

二. 探究式教學

有了基礎的能力後，可進一步以探究式教學讓學生學習如何利用已學過的知識，以及科學觀察來進行探究實驗。在過程中能學習自行形成假設、找出變因，並試著利用提供的材料設計實驗、進行實驗、並記錄結果與討論，從過程中了解科學本質。

茲以本人在跑班選修「廚房也是實驗室」課程中，同樣是以滲透爲主題的探究式教學爲例。因一年級已經驗滲透POE教學，故此次是以開放方式進行，各組依照自己的觀察提出問題、假設，並設計實驗。

學習單(圖二)

廚房也是實驗室　嘿嘿老闆，來盤泡菜 學習單　班級 ____ 姓名 _____ 座號 ____

題目：高麗菜和鹽巴會碰撞出什麼火花？

問題:

假設

實驗設計

實驗組

對照組

操縱變因

控制變因

應變變因

1

實驗數據(請用表格表示)

實驗結果

實驗結論

各位同學注意

此實驗即是製作泡菜，使用材料皆是新購材料，自行攜帶的容器請清洗乾淨，若要食用請注意手部清潔、高麗菜清潔及器皿清潔。請自行考量成品用途，若因自身處理不潔而造成問題請自行負責。

閱畢了解請簽名

2

圖二：搭配探究式教學的學習單

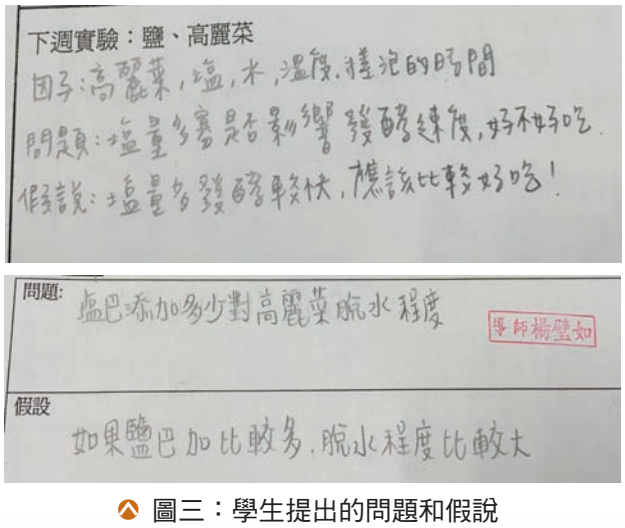
課程實施步驟

1. 前一節上課先將學習單與實驗器材清單發給同學，請同學回去先行找尋所需資料。
2. 請同學依照已知資料及自己的初步測試，提出欲解決之問題。
3. 請學生寫出實驗設計與變因。
4. 教師巡視各組察看實驗步驟及過程中是否有疑問。
5. 收回學習單。

學生易發生的問題與回饋

1. 練習自己設計實驗和理論總是不同（圖三）

雖然經驗多次食譜式的實驗，但眞正要自己提出問題，設計實驗對學生來說還是有一定的難度。在過程中，教師可由多個角度切入輔導，提醒同學藉由觀察和以往的科學知識來提出假設與問題，但是學生經驗有限，或是不常以科學方式思考，往往會提出不適切的問題。不過錯誤的問題也是個學習的機會，故此次我並未導正不良問題，選擇事後大家一起討論各組實驗設計與數據紀錄的問題與優缺點。

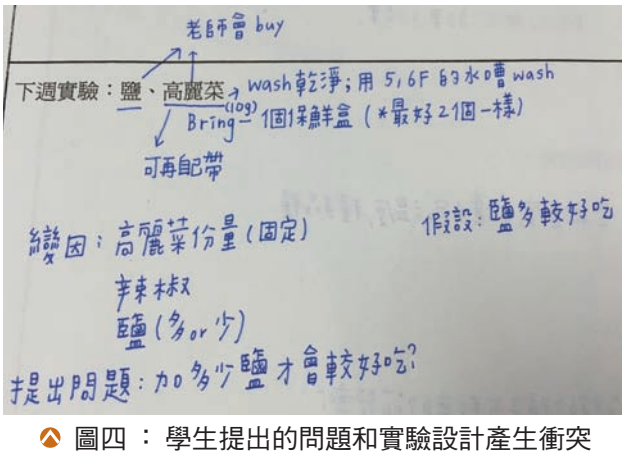


圖三：學生提出的問題和假說

2. 從錯誤中學習

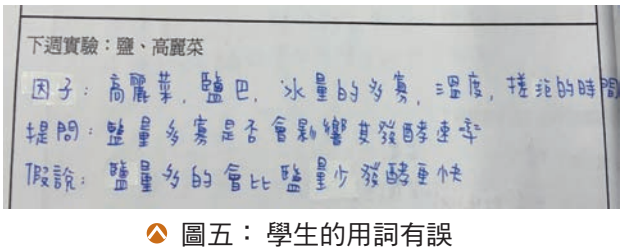
當學生寫出有問題的假設與提問時，除了可以用問題引導學生，亦可先放手讓學生繼續之後的實驗設計，有些問題在正式實驗設計時即會浮現，學生可藉此理解錯誤所在。

(1) 例如（圖四）這組學生在前一週預備時想提出的問題，但是正式做實驗時，設計欲討論操縱變因、控制變因、應變變因遇到阻礙，進而修正假設和問題。



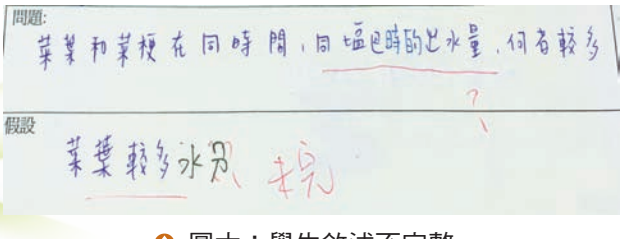
圖四 ： 學生提出的問題和實驗設計產生衝突

(2) 在這個過程中也可看出學生對於某些概念的誤用，例如「發酵」即是有多組誤用的詞（圖五）。



圖五： 學生的用詞有誤

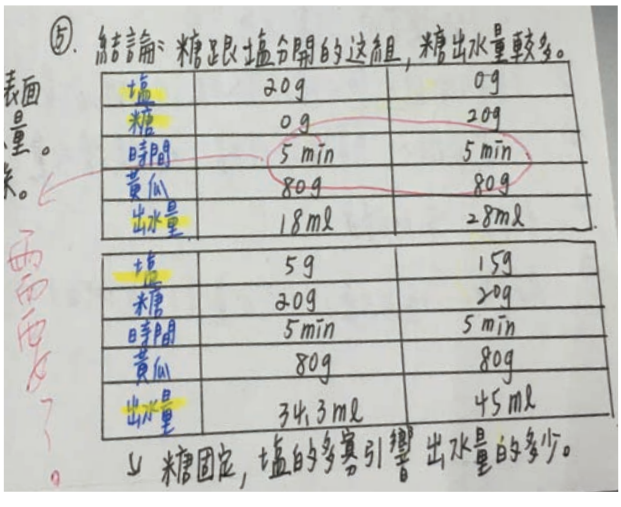
(3) 有些同學仍然無法用完整的句子呈現要表達的意思（圖六）。

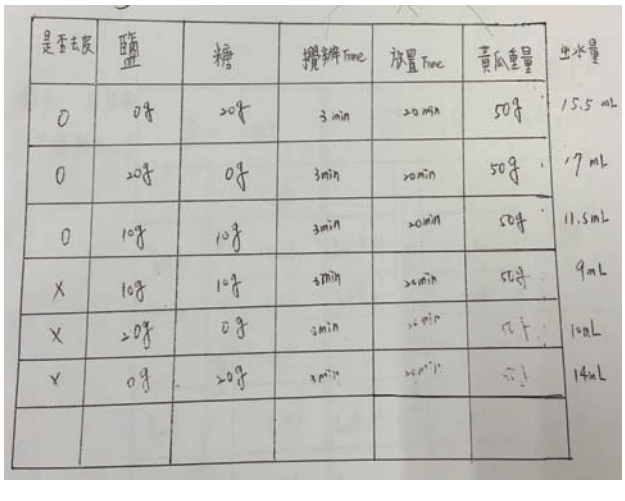


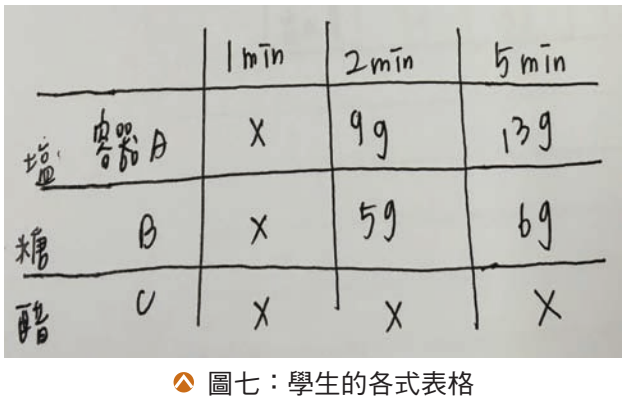
圖六：學生敘述不完整

3. 實驗數據的呈現（圖七）

課本食譜式的實驗所附帶的實驗表格清晰簡明，但是對填寫的學生來說並無法主動去學習如何呈現實驗數據，在本次實驗完成後，從以下圖片即可看出幾個較大的問題，包含表格的格式、表格抬頭的書寫、表格內要放多少訊息等。



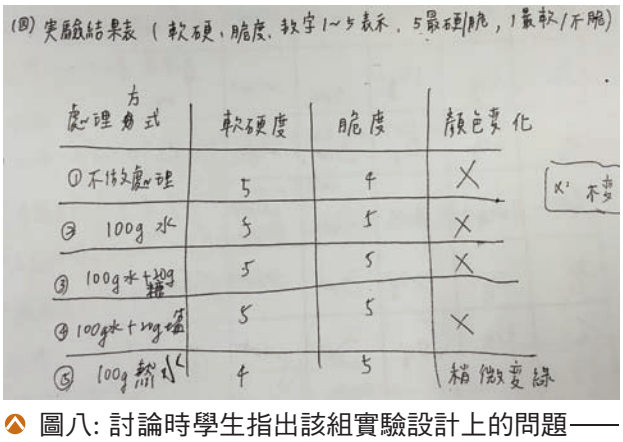




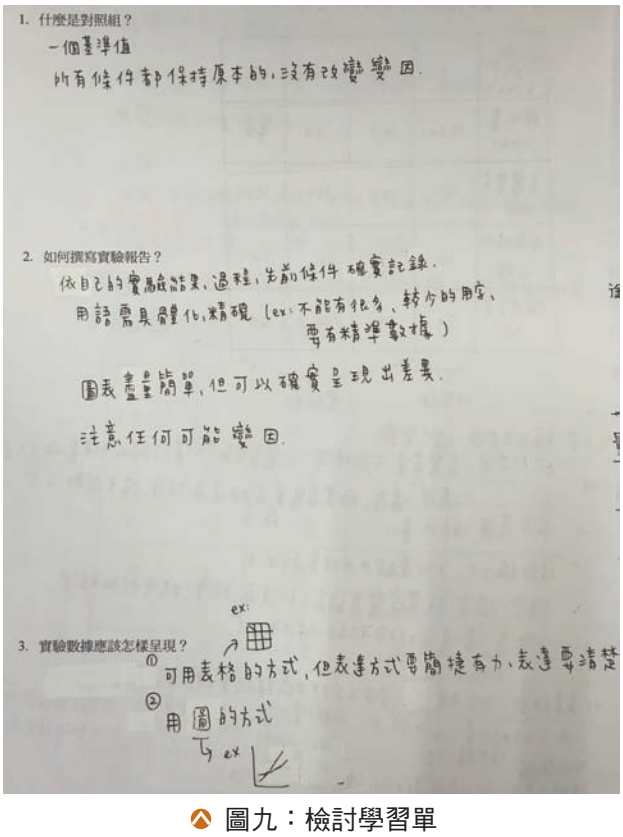
圖七：學生的各式表格

4. 事後討論的必要（圖八）

繳回學習單後，筆者印製網路上的實驗數據供學生參考，並順便練習如何解讀實驗設計以及結果，之後再將本次各組的實驗表格全部印下，供學生討論，並請他們試著幫同學修改表格，藉由觀摩與反覆思考、練習讓學生可以較熟悉實驗結果的呈現方式。最後再以總結的檢討學習單（圖九）幫同學做整理。



圖八: 討論時學生指出該組實驗設計上的問題——軟硬度與脆度無法量化



圖九：檢討學習單

結論

經由上述教學過程可以得知，所學過的科學知識對現在的學生來說，僅是填答選擇題的材料，占大多數的學生對於知識並未多加思考，便囫圇吸收、背誦。通過其他課堂也可見學生對於觀察能力的低落，其實這些都需要實際的練習和操作來讓學生理解所謂的科學方法，而非僅只於背誦專有名詞而已。進而希望學生能活用這些知識，自行提出假設與問題，並設計實驗。網路上已有多位老師藉由簡單的實驗操作來訓練學生的科學素養，各位也可以針對學生普遍性較大的問題來設計適合學生的教學活動。又，依本次所呈現的開放式探究課程，可知開放式的問題對學生來說門檻較高，可改由已知題目的探究實驗來進行，例如：鹽水濃度對菜葉滲透作用的影響、溫度對酵素的影響等題目限縮範圍，促進學生聚焦在變因的設定以及實驗設計、數據記錄與討論，若有機會訓練學生科學寫作能力則更佳。

筆者藉由多年教學經驗中感受到，只要能讓學生眞正認眞看待、思考一件小事其實就是莫大的進步，而在學生身上也會留下些許印記與能力。本次和大家分享自己在施行上的經驗，也希望能激起更多討論。還是要強調，大家可依教學現場的需求自行拆解或是設計您與學生需要的活動，也不要看輕這些活動能帶給學生的改變。更希望能藉由一次次的刺激，讓教室中的人形立牌減少，換回一個個有感覺、有想法，甚至有感動的孩子，讓我們一起加油。

圖片來源

圖一～九 ：楊壁如老師提供