

資優班專題研究課程設計 與規劃(二)——從PBL課程設計

■ 廖淑芬

PBL 是「Project-Based Learning」或「Problem-Based Learning」的簡稱；此種課程的策略，是聚焦於解決問題，並獲得知識的學習取向。在執行過程中，會以個人或小組的形式，進行一段時間來達到預期成果，並以成就表現或發表的方式呈現。

1. 爲了完成教學活動所設定的目標，學生必須使用「探索研究」、「批判思考」、「訂定計畫」、「問題解決」等策略與方法。
2. 在執行過程中，學生需要以特定學科的專業知識與技巧，學習並應用於各種不同的情境裡。
3. 教師所設計的課程架構，必須能將學生對於學習經驗批判思考的反省活動，不斷融入計畫中進行，時時自省學習內容，檢討與修正，並將所得經驗聯結到特定學習標準。
4. 應由學生自訂範疇，以論文發表或其他成果展示的方式，來呈現學習成就與被評量的情形，藉以強化課程成效。

以作者個人而言，第一次接觸「PBL 課程設計概念」，大約是在三年前左右。當時，因爲本校參與國科會高瞻計畫，在教師學習成長活動中，總計畫邀請教授蒞臨本校演講；在聽講過程中，不斷省思個人教學理念與活動，發現兩者之間不謀而合，才突然恍然大悟，原來自己早就在進行 PBL 的課程設計，且已經在教學活動中行之多年。換言之，「PBL 課程設計概念」絕對不只是侷限於理論；事實上，只要教師願意再多花點心力，的確可以與教學活動融合爲一。但以個人設計課程的多年經驗，我認爲 PBL 課程在設計時，有若干細節必須注意，才能在整個過程中，達到事半功倍的成效：

1. 由於 PBL 課程有別於傳統的教學方式，而且其執行時間較長，因此「引起學生強烈學習動機」，就成了決定此課程是否能順利達到目標的關鍵因素之一。每種學科都存在著其應用與趣味的特性，

如果教師可以妥善運用，將可以使學生更充分享受學習的樂趣。

2. 學生對於有別於傳統教學方式的活動，常常會較興趣盎然，此一心態對於PBL課程的執行過程，是助力但也是阻力！如果教師未能掌握課程中的重要環節，常會使其熱鬧有餘卻深度、廣度不足，使得學習成效有限。
3. PBL課程的設計理念，希望學生是活動的主角，因此在課程執行過程中，常會由學生自訂範疇。但或許學生未能充分掌握方向，或許學生專業知識不足，因此往往因過於開放而無法回到最初所設定的教學目標；因此，教師必須在「開放」與「收斂」之間作明確的分寸掌握。
4. 整個PBL課程執行的總時間，可能是數小時、數週、數月，甚至於整學期或整學年。因此，教師必須在整個過程中，時時掌握學生的學習進度，避免因惰性或忙碌所造成的延宕，才能維持整個課程實施過程的流暢性。

課程設計實例－會變魔術的奇妙杯子

【說明】

1. 設計動機

酸鹼中和和氧化還原反應是生活中處處可見的反應類型，也是化學反應概念中極為重要的一環；但是，目前的課程設計，往往只侷限於理論介紹與計算，使得學生無法明瞭其與生活應用之間的相關性與趣味性，甚至於因為學習困境而倍感挫折。

透過本課程的活動，學生不僅可藉由化學反應的聲、光、色效果，產生極大的學習樂趣，且為了完成教師所設計的課程目標，學生必須不斷更深入鑽研相關理論，在潛移默化之下，將產生更佳的學習成效。

2. 實施對象

對於酸鹼中和和氧化還原反應有基本概念的学生。

3. 教學時數

約八小時；但可與現有課程合併或獨立進行。

4. 活動形式

教師演示、實驗實作、觀念整理、學習單完成、公開發表。

5. 預期目標

學生可對酸鹼中和和氧化還原反應相關知識，理解、統整、應用，進行實驗設計，並根據實驗所得結果，檢討與修正，最後以公開發表的方式呈現個人學習成效與心得。

【課程】

教案一：會變魔術的奇妙杯子

教師在桌子上依序排列出六個透明杯子，其中分別滴入滴數與其編號相同的不同溶液，但因體積量不多，因此學生不容易察覺。

教師拿起第七個空杯子，倒入半滿水，再滴入數滴藥用碘酒或優碘，此時溶液將由無色轉為黃褐色。接著，教師根據所設計的流程，將溶液在不同的杯子內傾倒、點火、搖晃，學生將親眼看見各杯子

內的溶液顏色，在整個過程中不斷地變換，或無色、或紅色、或黃色、或藍色，驚嘆之餘，學生不禁會為其中的奧妙而覺得好奇。

這正是此教案所預期的目標：引起學生強烈的學習動機！

教師在此時尚不須對學生解釋其中的緣由，只須向學生預告，未來將有一連串的課程會為此進行引導，讓學生也有足夠的能力設計相似的實驗。

教案二：酸鹼指示劑的彩環人生

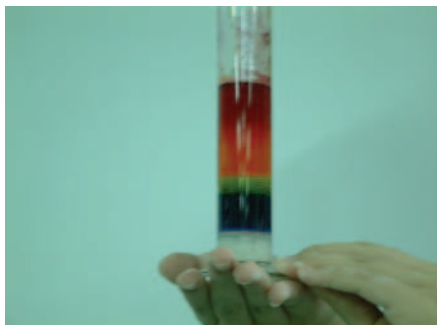
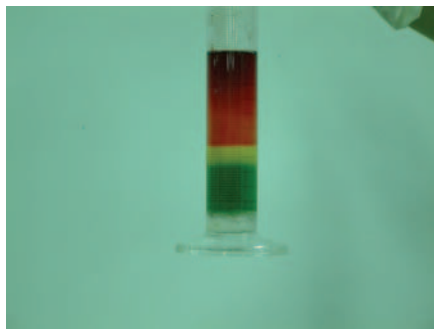
酸鹼指示劑在酸鹼反應中，具有指示溶液概略酸鹼性的作用；在此杯子實驗中，則是引起一連串顏色變化的關鍵因素之一。但是，在現有教科書的教材內容中，僅簡單敘述其不同酸鹼性溶液中的呈色情形，卻無法清楚描述其顏色轉換的漸進過程，因此設計此教案，以便讓學生作更清楚的觀察。

學生在 100 ml 量筒中放入碳酸鈉 Na_2CO_3 固體白色粉末，再加入約 50 ml 的蒸餾水，並滴加約 2 ml 所選定的酸鹼指示

劑，用長玻璃棒攪拌上層溶液，使其呈色均勻(參見圖一)。

接著，沿著量筒壁，用滴管小心加入 3.0M 的鹽酸。一邊加，一邊用長玻璃棒自量筒下層溶液往上層攪拌，使各層溶液酸鹼度漸次改變，以使指示劑在量筒內呈現不同的色環。且在滴加鹽酸的過程，因碳酸鈉和鹽酸進行反應，將生成大量二氧化碳 CO_2 氣體；該氣體自量筒底部往上冒出，將使上層溶液更因此而呈現酸性。

量筒因呈細長狀，因此其內溶液的擴散速率將較慢。量筒底部的碳酸鈉固體提供反應所需的鹼性物質，自上所滴加的鹽酸提供反應所需的酸性物質，兩者在量筒中因相對量的關係，產生不同酸鹼度的溶液，而使同一種酸鹼指示劑因此呈現出不同的顏色變化；藉此，學生可清楚觀察到酸鹼溶液的呈色情形，對於未來杯子實驗設計時的顏色轉換將更有所概念。學生的操作方式雖然既定，但因個人的想法與操作方式不同，因此仍能保有每個學生不同的揮灑空間，得到完全不同的成果。



圖一 不同指示劑所呈現的色環

教案三：酸鹼中和反應與酸鹼滴定

教師在各透明杯子內預先所滴入的溶液量，因杯子編號不同而有不同的滴數，其主要的目的，即是利用前後滴數差，使杯子內的溶液傾倒後呈現出不同的酸鹼性，也才能使酸鹼指示劑在此過程中，出現顏色的變化。

為了讓學生清楚掌握酸性溶液與鹼性溶液相對量的關係，因此設計本教案；但事實上，這個教案即為一般教科書中常見的酸鹼滴定與酸鹼中和實驗。不過，為了配合此課程，其內容略作增減，但教師仍可直接配合教學進度，進行理論說明與實驗完成。

教案四：杯子裡的酸鹼中和反應

本教案內容與教案一相似，但僅涉及酸鹼中和反應與酸鹼指示劑的顏色變化；其實，本教案設計的目的，即是為了解釋教案一中，杯子內的溶液顏色因酸鹼中和反應所產生的變化原因，而且因為僅涉及酸鹼反應，故相關概念單純，作為入門課程，可激發學生的成就感。

教師在桌子上依序排列出七個透明杯子，其中分別滴入滴數與其編號相同的不同溶液。拿起第七個空杯子，倒入半滿水，教師再根據所設計的流程，將溶液在不同的杯子內傾倒，學生可觀察到各杯子內的溶液顏色，在整個過程中不斷地變換。

教師發下所設計的課程學習單，重新再作一次實驗，要求學生依序紀錄所觀察到的溶液顏色變化情形；接著，提示杯子中預先所滴加的溶液種類，讓學生根據之前所學得的酸鹼中和反應概念，推論本實

驗的變色原理，進行推論。推論完成後，教師與學生共同進行討論，檢視推論結果的正確性；必要時，亦可邀請學生自願上台進行演示，以加以驗證。

教案五：火柴頭的秘密與氧化還原反應

生活中，氧化還原反應極容易發生；因此，可以幫助氧化反應的氧化劑與可以幫助還原反應的還原劑隨處可見，例如：藥用碘酒中的碘 I_2 和雙氧水中的過氧化氫 H_2O_2 。火柴頭的成分中含有硫，點燃的瞬間與空氣中的氧反應，所生成二氧化硫 SO_2 氣體，也是極佳的還原劑之一。

本教案設計的目的，即是利用這些生活中常見的氧化劑與還原劑，進行一連串的氧化還原反應。而且因為碘在酒精中為黃褐色，遇澱粉呈深藍色，但轉為碘離子時，在溶液中則為無色；此外，點燃火柴的瞬間可產生聲、光效果，對學生而言更具有震撼性。

藉由此教案，學生可以更深入瞭解在不同的反應條件下，碘分子與碘離子間氧化還原反應的理論，並作為杯子實驗設計的根據。

教案六：杯子裡的酸鹼中和與氧化還原反應

本教案設計目的，即是為了解釋教案一中，杯子內各溶液顏色變化的原因。

教師發下所設計的課程學習單，重新再作一次教案一的實驗，要求學生依序紀錄所觀察到的溶液顏色變化情形；接著，提示杯子中預先所滴加的溶液種類，讓學生根據之前的學習心得，進行推論。

推論完成後，教師與學生共同進行討論，檢視推論結果的正確性；必要時，亦可邀請學生自願上台進行演示，以加以驗證。

課程活動進行至此，學生對於酸鹼中和反應和氧化還原反應的概念，應該已有所瞭解，也可藉以推論教案一中教師所演示的杯子實驗，其變化的原理究竟為何？但學習的層次，應由最初的記憶、認知，提昇至歸納、解釋，甚至於再更進一步應用與問題解決。因此，必需再藉由教案七的完成，才能畫下最美好且最完整的句點。

教案七：我也會設計—「會變魔術的奇妙杯子」

教師發下學習單，限定各杯子中溶液滴數與杯子編號的關係、所使用藥品溶液的種類、杯子總數量、溶液顏色轉換情形，但不限定各杯溶液間傾倒的方式，讓學生據此設計杯子實驗。教師應同時提供所需藥品，放置於小點滴瓶中，讓學生在設計過程中借用，以驗證推論結果是否符合預期。

此教案活動不一定在校完成，由於所提供藥品的種類與濃度均在可容許範圍，因此必要時學生可在家進行；但教師應設定期限，要求學生完成學習單。

教師可根據學習單內容，檢視學生的成效；對於設計表現良好的學生，則提供其公開演示的機會，一方面給予該學生肯定，同時也可以激勵其他同學更加努力，精益求精。評選作品的好壞，除了由教師選定之外，亦可在公開演示的過程中，給

予其他同學評論的機會；投票表決、填寫互評表等方式，均可達到教學相長的目的。

學生為了完成此份學習單，必須確實瞭解所學得的相關理論，加以綜合、應用；如果實驗與所推論的結果不一致時，更須省思其中的問題所在，不斷地檢討與修正，才能達到最完美的呈現。而在此一過程中，教師所設計的活動目標，也就在無形之中逐步完成，並讓教師與學生雙方同於擁有教與學的成就感！

此課程所包含的設計與執行特色，在PBL課程規劃時應盡量掌握：

1. 課程中雖然包含七個教案，但並不需要在現有的教學進度和時數中，另外分割出獨立的時段來進行。教師面對一份好的教案卻裹足不前的主要原因，其實是受限於現實因素，有這麼多的既定教材內容，卻只能在有限的教學時數中完成，因此教師也只能空有理想卻不能付諸行動。酸鹼中和和氧化還原反應，本就是化學重要課程內容之一，教師可根據教學進度與學生學習狀況，將各教案彈性調整或修改。例如，課程之初，進行教案一，引起學生學習動機；談到酸鹼指示劑時，進行教案二，讓學生觀察各種指示劑隨溶液酸鹼性的呈色結果；談到酸鹼中和反應時，在實驗課程中進行教案三；完成酸鹼中和反應教學範圍時，進行教案四，對該課程整理作一呼應；談到氧化劑、還原劑時，進行教案五，讓學生明瞭生活中的氧化還原反應；完成氧化還原反應教學範圍時，

進行教案六，對所有相關理論作一總整理；最後以回家作業的方式，進行教案七，驗收學生的學習成果。

2. 本課程雖然以學生動手操作和討論為學習主軸，但其過程並不複雜，教師不需太多繁瑣的準備與說明，即能以簡易、生動的方式呈現。但因學生仍存在著個別差異，因此教師必須要時時兼顧每個學生的學習狀況與參與感。

事實上，在課程執行的過程中，筆者反而觀察到一個比較特殊的狀況：此種課程的實施，某些學習低成就的學生表現，反而優於高成就學生。分析其中的可能性，或許是因為在現今教育體制下所教出的學生，大多習慣於只有一種標準答案，對於天馬行空的發揮，反而覺得沒有安全感，尤其是高成就學生愈容易有此種心態。

利用不同的教學模式，激發出學習的另一種成就感，讓教育工作者在學生中發現更多的千里馬，而這不就是教師努力教學的期望與夢想嗎？

3. PBL 課程一定要在「開放」的教學模式中，僅扣主題不偏離。教師可先設定所欲完成的教學目標，每個教案設計的目的都是為了使學生具有更完整的理論基礎與操作能力去達成，則在教材的深度與廣度的選擇上就比較不會有所偏失。課程在設計、編寫時，即應包含教師教學指引、學生上課講義、教師手冊，將教學過程中可能遇到的問題與解決方法，盡量詳細陳述，建立整份教案的完整性。

一份設計良好的課程教案，對教師者而言，是求之不得；但是，教案要能夠被共享，就需要所有教育工作者的共識。教育是百年大計，但不是任何一位教育工作者可以獨立完成；如果每個人都願意分享個人的教學心得與成果，每個人也願意尊重設計者的智慧財產權，則在如此無私的前提之下，也才能讓一份良好的課程設計，提供給更多需要的教師，根據個人教學情境使用與分享，讓學生享有最大的受益。

(本文作者係台北市立第一女子高級中學化學教師)