



把探討活動升格 成探究式教學

—以過氧化氫酶實驗為例

教師 楊雅雯 溪湖高中

【作者簡介】8年前與校內6名自然科老師一同加入彰師大林建隆教授的科教團隊，以5E探究式教學來編撰並進行高中的奈米課程，榮獲106年度教學卓越銀質獎。教學生涯中深感學識之不足，參加中區高中生物共備多年，獲益良多，心懷感激。



掃描QRcode，
下載教材電子檔

前言

108課綱即將上路，高中即將出現一門「探究與實作」，而大部分的老師在當學生的階段與師資培訓的階段，可能都未曾接觸過所謂的探究式教學法的課程。一個自己都不懂的東西，怎麼可能上的出來？出版社常很好心的拿許多老師強大的探究式教案範例發給大家，但其中某些背景知識不易跨過，或者是與現在的課程關聯性不高，有些是缺材料、缺時間加上缺動機，所以總是淪為「參閱」，很多老師還是很茫然，探究式課程與我們現在課程後面都有的探討活動，有什麼不一樣？

探究式教學法一反過去以教師為中心的教學模式，改以學習者為中心，並不需要特殊的教材才能實施，課程後面的探討活動就是很好的教材，但是要怎麼改？怎麼施行呢？又什麼是探究式教學法呢？

探究式教學法簡介

探究式教學法依教材探究內容開放的程度有三種層次（如下表），我常用的是Level 1～2之間，較能聚焦在現在進行的課堂範圍與進度：

Level 1：老師提供實驗問題與方法，只有實驗結果是未知，又稱為結構式探究。

Level 2：老師提供實驗問題，而方法與結果是未知，又稱為引導式探究。

Level 3：實驗問題、假設、方法與步驟，完全交給學生進行探究學習，又稱為開放式探究。

Schwab探究教學的三個層次分級

	實驗問題	實驗方法	實驗結果
Level 1	O	O	X
Level 2	O	X	X
Level 3	X	X	X

（資料來源：參考資料2）



設計完教材的探究層次，在課堂的教學模式中，我們團隊以5E探究式教學來授課。5E探究式教學模式包含5個步驟，而其中還可循環進行：

1. 參與 (Engagement) —

透過引發好奇心的小活動，引出先備知識。

2. 探索 (Explore) —

幫助學生探索問題，設計合適的實驗並操作。

3. 解釋 (Explanation) —

提供機會讓學生解釋他們的數據。

4. 精緻化 (Elaboration) —

老師挑戰並擴展學生的概念與技能。

5. 評鑑 (Evaluation) —

評鑑學生是否達到教育目標。

為什麼要用探究式教學法？

先分享一個我的教學經驗。我先口頭講述蓮葉效應的原理，再加上BBC影片縮時攝影的強大解說，在學生應該都懂了之後，才分組進行在蓮葉上滴水，撒沙子等操作。（像不像我們大部分教室裡的上課流程！）學生的反應總是冷冷的，反正他都懂了，要做不做的……對老師來說，這無非是一個削弱的動作，辛辛苦苦準備了這麼多實驗設備，學生又不買帳，難怪幾次削弱之後，大部分的老師都不愛上實作課了！

但接觸了探究式教學之後，我先要求學生寫下他認為蓮葉效應出現的條件—【參與】，從中了解學生的起點行為與盲點。將其盲點歸納後，並不做解說，直接進行操作—【探索】。讓學生直接從操作中找答案，或是累積更多的問題，並讓各組報告他們的觀察—【解釋】。有的答案在這個階段就會出現了，但也有可能大家累積了更多的疑惑，最後由我做解說，或是用影片做解說—【精緻化】。你知道嗎，學生聚精會神地想知道答案，甚至不斷地追問，是一種多美的上課風

景。缺點是，我常被問倒，這個時候就……大家一起上網找答案！

探究式教學法很難嗎？

我相信要教會老師們使用探究式教學法不是件很難的事情，但我操作的8年來覺得最大的困難點是，學生不習慣！我們的孩子從國中開始有系統的學科學，但學習的過程就是要求他們記憶各式各樣的科學知識，考試也都只考知識與計算，養成學生不想自己動腦筋去想，去歸納、去理解、去應用，只希望老師直接告訴他答案，他記下來，這樣準備考試最有效率。

當我們一直叫他等，他就覺得很煩，只想等著老師給標準答案，還覺得老師在浪費他的時間。

是的，探究式教學不是一個最有效率傳達知識的學習方法，而是協助學生主動建構自己的知識。所以它需要相當程度的等待，等待學生自己建構知識。它所花的時間一定比講述法與食譜式的探討活動花掉更多時間，但探究式教學是最接近實際科學活動的教學方式，且是建構科學素養最好的方式。

師生們必須要先了解每一種教學法的優缺點，適切使用，才會有一個和諧的教學風景。





將「過氧化氫酶的探討活動」轉為探究式教學

有些探討活動是在驗證所學，較不容易轉換成探究式教學。而高三選修生物上的過氧化氫酶活性的實驗，就很適合轉換。而且這個實驗會狂冒泡泡！非常對學生的胃口，且實驗原理不難，以學生的背景知識是有機會自己推得出來，很適合拿來當探究與實作的教材。

◎教學流程與說明

教學流程	教學內容	教學策略與建議
參與 引起動機	示範把一小塊馬鈴薯丟到雙氧水中，提問，讓學生寫下想法	(1) 利用觀察引起動機 (2) 走動看學生寫的內容給予適當的引導
探究 定性觀察	(1) 自己設計變因、實驗組與對照組 (2) 小組討論採用哪一個變因與實驗設計 (3) 進行操作與記錄	引導學生先寫下自己的想法，再進行討論
解釋	(4) 每個人先自己歸納結果 (5) 小組討論，上臺報告	(1) 引導學生先寫下自己的想法，再進行討論 (2) 引導學生去聽別組的報告，並適時回饋
精緻化	(1) 老師歸納大家的結果 (2) 引導定量的概念，引出下一階段的實驗	引導定量實驗的重要性
探究 量化的實驗	(1) 自己設計變因、實驗組與對照組 (2) 小組討論採用哪一個變因與實驗設計 (3) 進行操作與記錄	引導學生先寫下自己的想法，再進行討論
解釋	(4) 每個人先自己歸納結果 (5) 小組討論，上臺報告	(1) 引導學生先寫下自己的想法，再進行討論 (2) 引導學生去聽別組的報告，並適時回饋
精緻化	(1) 老師歸納大家的結果 (2) 挑戰和擴展學生的概念理解與技能	老師最大的挑戰！我也還在學習中！ 可以用影片輔助
評量	以問答題或相關領域的類PISA試題進行評量，用以評估學生理解與能力，並給予老師回饋是否達到教育目標。	



◎學習單範例

第一階段

科學探究 MIT 第 8 期 生物科 學習單

探究與實作 教材一：過氧化氫酶活性的探討

班級：龍騰高中 座號：15 姓名：李小明

1. 把一小塊馬鈴薯丟到透明的雙氧水液體裡，就會狂冒泡泡！你認為為什麼會這樣？冒出來的泡泡是什麼？

我認為：
 O_2
 過氧化氫酶催化 $2H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$ ✓

2. 請試著寫出該反應式：

我認為：
 $2H_2O_2 \xrightarrow{\text{酶}} 2H_2O + O_2$ ✓

3. 酶是個催化劑，請每個人試著設計三種變因，來測試哪些變因會影響酶的活性？

	實驗組	對照組	預測結果
變因一：溫度	低溫	室溫	低溫反應慢
變因二：底物	煮過的馬鈴薯	新鮮馬鈴薯	煮過的馬鈴薯沒效果
變因三：不同的組織	紅蘿蔔	新鮮馬鈴薯	都有反應

4. 請進行小組討論，決定一個你們第一階段的實驗，在老師認可後即可開始操作。

實驗目的：不同溫度 (10°C、20°C 室溫、30°C、40°C)

實驗方法：對馬鈴薯過氧化氫酶的影響

$5mL H_2O_2$
 $1g$ 馬鈴薯 < 重量重要？還是表面積重要？ ✓

5. 實驗結果

	10°C	20°C	30°C	40°C
冒泡程度	少	多	多	多

6. 結論

我的想法：
溫度越高，催化效果越好

小組討論：
在 10°C ~ 40°C 之間，溫度越高，催化效果越好

老師提醒：
 低溫才會不反應？
 高溫酶才會失去活性？ ✓

第二階段

7. 上面的實驗雖然有實驗組與對照組，但是這樣只有定性的觀察（泡泡很多、泡泡少一些、沒有泡泡……），沒有量化的數據，沒有辦法做更細緻的比較不同變因間的影響。下圖為一種收集氣體的方法，你可以用這個方法進行第二階段的量化實驗，或是有其他的方法嗎？在老師認可後即可進行第二階段的操作

實驗目的：

實驗方法：

用針筒收集產生的 O_2 ✓

8. 實驗結果：

9. 結論：

10. 想想看，酶的作用效果會受到這些變因的影響，而這樣的現象我們還能在生活中的哪些地方看到？跟同組同學討論一下吧！

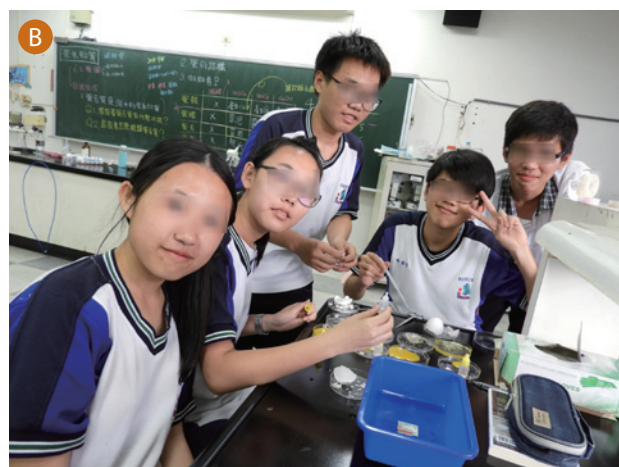
還能應用在：

傷口上滴 H_2O_2 也會冒泡泡。
 很多細胞都有酶。 ✓

11. 請整理你們的實驗報告到小黑板（海報紙）上，準備進行分組報告。

※請自行檢視：

A. 實驗為什麼要用這個技術不用另一個？方便操作
 B. 數據的詮釋與分析可能有甚麼漏洞？低溫酶活性低條件的干擾
 C. 實驗的結果告訴我們什麼？沒告訴我們什麼？



課中的互動模式：

- A.B. 小組討論設計與操作實驗
- C.D. 實驗結束時整理歸納結果上臺報告

為什麼要一直強調「引導學生先寫下自己的想法，再進行討論」？因為這件事情很重要，但是又有一點兒難。學生非常不習慣寫下想法，因為他們總是習慣寫標準答案，而且等一下老師一定會講標準答案，所以如果先寫了想法，等一下還要擦掉，太麻煩了！等老師講出標準答案再寫就好了。

但是，當學生沒有寫下自己的想法，老師便無從得知學生有沒有跟上學習。而且沒有先寫下想法就進行小組討論的話，很容易被組內最強勢的同學所引導，而失去獨立思考的機會。所以，一定要好說歹說要求學生寫下自己的想法，再進行下一步。

經驗分享與反思

食譜式的探討活動，只是在驗證所學，雖然也重要，但無助於科學素養的建立。轉換成探究式教學並沒有想像中的難，探究式教學可以是很有彈性的，如果時間有限，只進行教案第一階段的參與、探究、解釋、精緻化，大概是屬於層次一的探究活動；如果完成整個教案，讓學生進一步設計量化實驗的方法，大概是屬於層次二的探究活動。

但探究式教學的模式需要讓學生操作、觀察、思考與討論，在在都非常花時間，以這個教案來說，我會以4個小時來進行，2個小時進行第



一階段的實驗，並設計下一週的實驗，下一週的2個小時再進行第二階段的操作與結果報告。

（而本次附的學生學習單，只在高一進行2個小時的課程，在時間不夠的情況下，第二階段的實驗就只能做規劃，而沒有時間完成。）

在高三上學期的豬心解剖課程，我也要求學生要進行探究，材料取材豬心（我們跟肉品市場訂的豬心上還連有主動脈、食道與氣管）。每個學生設計一個問題，而這個問題不可以是課本就知道的知識（例如：左右房室瓣各有幾片）。一組寫在一張學習單上（其實是白紙，如下圖），好問題與好答案都有特別加分！有一些問題在剖

開豬心之後，發現無法執行，可以畫掉重擬問題。只能畫掉不是塗掉！因為這是學習的軌跡。以往1個小時以內就可以完成的課程，轉換成探究之後，學生的專注度更高，1個半小時還遲遲不讓我下「開始收拾」的指令，且探究的深度令人驚艷。

在過去只重知識不重素養的年代，再加上授課時數的限制，雖然有一大堆文獻都顯示探究式學習是培養科學素養最好的方法，但這方法卻一直成不了顯學。108課綱探究與實作所提供的時間與升學連動，成就了一個最佳的契機。

10.13.7.22

1. 動脈的管壁 比 靜脈厚多少?
動脈: 0.3cm
靜脈: 0.1cm

2. 左心室跟 右心室 哪個 比較厚還是 一樣厚?
左心室: 2.3cm
右心室: 1.2cm

3. 上腔靜脈跟下腔靜脈哪個 比較大?
上腔靜脈 孔徑 1.6cm
下腔靜脈 孔徑 1.5cm
⇒差不多

4. 能試著讀 小從動脈管到靜脈管
左肺動脈跟右肺動脈的厚度(管徑)?
左肺動脈: 0.1cm
右肺動脈: 0.1cm

太棒了! 肺動脈的分叉方式 是有肺動脈到了比較後方才分叉出左肺動脈。才有你們看到的差異。

Q1: 左心的房室瓣 以右心的房室瓣。
2 3

Q2: 左心與右心的房間。
左心: 長 4cm 寬 2cm
右心: 長 3cm 寬 1cm
good! 左心室腔比較長!

Q3: 靜脈與動脈的管徑?
動脈: 2cm
靜脈: 2.5cm

Q4: 左心和右心的厚度
左心: 3cm
右心: 1cm

24.31.33

豬心探究實驗課程學習單



我與探究式教學

有幸在8年前被趕鴨子上架用探究式教學法來進行奈米課程，還記得第一年上的誠惶誠恐，不斷地去問坐在後面觀課的彰師大教授我的引導夠不夠「探究」。第二年開始有一點懂了，就覺得第一年寫出來的教案很爛，對於歸納學生的解釋以及擴展學生的概念還是不夠理想。直到第三年的上課，我才開始有掌握全局的感覺，可以完全融入我是課堂進行的引導者，有時候覺得自己還真像綜藝節目裡的主持人。但期許自己能夠設計出叫好又叫座的課程，並對於提問與統整的能力更加強，我加入中區高中生物共備，並在其中找到志同道合的夥伴且一同成長。

而現在，我覺得探究無所不在，連課堂上的學習單，我都以探究的精神來設計。談回到探究與實做這一門課，我非常享受學生專注做實驗與報告的模樣，但對於沒有實驗室管理員的我們，準備實驗器材實在是苦差事，所以與其他科老師合開實驗課，是分攤工作與心裡壓力的好方法。

探究式教學一定要跨科嗎？

到處演講的過程中，常常被問到「探究式教學一定要跨科嗎？」

我的想法是，**知識要能夠跨科**，老師要去認識不同科在相關領域的用詞，因為這是學生熟悉的用詞，不然你講一種（打斷ATP的化學鍵會放能），化學老師講另一種（所有的化學鍵斷裂都需要能量），學生的知識建立就會連不起來。而到底要不要一堂課配兩科的老師呢？我認為是依教材需要，有一些教材本來就有跨科的特質（例如：奈米科技），不可能只由一科老師來授課。但有些教材並沒有跨科的特質，並不一定要強求多科老師共同授課。我聽過中山女高蔡任圃老師的演講，他就操作過許多很棒的探究式教學。

我心中的重點，是學生能不能從我的教學活動中習得具備系統思考、分析與探索的素養。我們以探究式教學法來進行課程，在編寫教案時會注意跨科的關聯性，並適時引導學生還能夠怎麼想，應該就能距離目標不遠了。有沒有多科老師共同授課……應該不是重點吧！

展望

我早先一步操作探究式教學，在這裡與老師們分享一路走來所遇到的困難與成就感，希望在同溫層中一同取暖，一同「共好」。

參考資料

1. 蘇佳俊(2017) 發展高中奈米5E探究教材之行動研究。彰師科教碩士論文。
2. Schwab, J. J. (1962). *The teaching of science as enquiry*. Cambridge, MA: Harvard University Press.