

學生發問物理問題之教學成效

蘇炯武

國立嘉義大學 電子物理學系
cwsu@mail.ncyu.edu.tw

(投稿日期：民國 103 年 08 月 27 日，接受日期：103 年 11 月 12 日)

摘要：一般傳統式教學裡老師的角色時常只是備好課的內容、以儘量傳遞充實基本知識為主要教學導向，正常教育體制下的學生在課堂上僅坐在講台下專心聽講、作筆記就好的單向式教學法，在現代電子科技多元教學模式之文明旋風下受到莫大的挑戰。筆者近幾年在任教本科系專業物理及非本科系基礎物理課時嘗試了讓學生主動向教師發問的教學策略，學生必須在單一學期內至少擇三日、每次至少一個以上的物理相關問題，於課堂上、課堂間甚至課後詢問老師，完成每次問與答程序後由教師親自劃記於發問單上，每次將獲得學習成績。然而，此方法必須長時間由教師提醒與引導，面對大班級學生人數時須耗費時間及精神，本文中利用了教師期末評量的統計結果說明此教學法於各班實施後明顯提昇了教師教學評量成績為具體成效，刺激學生發問之目的是為了鼓勵以自我反思過程及口說表達來學習物理，學生學習基礎物理之意願也相對提高。

關鍵詞：發問式教學、口說物理

壹、前言

愛因斯坦曾經說到：“Interest is the best teacher” “興趣是最好的老師。”興趣是人積極探究某種事物、引起和維持注意力的原動力，然而興趣必須在肯若求知的基礎上不斷地體驗到成功的感覺逐步形成(程光暉, 2009)。失去了興趣，學習沒有辦法深化為知

識，不過只是複製課堂上老師的話或筆記上的內容而已。大學物理課程因為學生對基礎物理課的重視不夠、普遍認為物理就是一大堆艱深枯燥的公式所組成，非本科系學生視為不重要課程而普遍漠視。而且物理科成績相較於其他科系之科目一般還是較低，因此也造成學習動機不強烈。

物理是探討自然界現象一門非常基礎且重要的學科，很多時候發現必須仰賴物理的

知識基礎才能解決問題，這也是為何很多工程科系、甚至許多應用科學相關的科系在大一課程都有普通物理課程的安排。幾乎物理系的老師都需要支援外系任教普通物理課。因此，培養學生在學習基礎物理學科的興趣變成是大學物理教師一項重要的任務。

理想狀態的大學物理正課，應該是以示範實驗、輔以理論基礎為授課內容，這樣才能有效地辯證其根本道理。然而，講課時通常礙於教學環境設備與經費，經常以老師講、學生聽的授課為主，老師能在授課內容上多加充實已是萬幸，但這樣的教學法仍是屬於一般傳統的教學，教學的成敗取決於教師的認真程度，學生學的知識愈多，往往是老師充足的學養引導居多。

近來，學思達式的翻轉教育似乎吸引了所有教學現場的目光。然而若要全面推廣至所有課程，似乎也有難度。誠致教育基金會董事長方方舟先生曾經於天下文化的獨立評論「把握翻轉台灣教育的契機」短文中曾經指出，大量學習歷程的數據分析平台、專業領域的頂尖教師是目前台灣要走向均一教育一個莫大的挑戰。

「學生提問(Students' questions)」教學法(Chin & Osborne, 2008)，是鼓勵現今大部分之教學現場只追求單向式傳統教學之外的一種新思維與方法，然而，要傳統的東方學生開口問問題，的確是一大挑戰，筆者運用了技巧與策略，在目前教學環境現場實驗成功，雖然礙於教學環境尚無法全面達到翻轉教學中能夠「學生問、全班答」之境界，但所得實質成效期望日後可供相關學界參考。

「問問題」是一種教學策略，也是一種教學法的技巧，問問題可以是老師問學生、也可以是學生問老師。雙向式的教與學、或許有機會形成一種溝通平台與促進理解，否則只停留在單向式的傳授、教師永遠也無法

深入了解學生的難題、並給予適當地輔導。找對方法、解決問題就不困難。「問號？」這個符號簡單、卻也複雜，「問問題的想像~找回遺失的問號~」一文中(陳沛嵐, 2004)，提示了唯有透過「問問題」的方法，才有可能開啟一條通往真實與達成溝通的道路。在華人社會裡，許多學生從上了中學後，在課堂裡的完全沉默變成了回應教師的最佳典型、不問問題反而變成了課堂的常態。到底是「不能」問問題、「不敢」問問題、「不會」問問題、「不想」問問題、還是根本就「不知道」要問問題？

然而，「問問題」這個具有實踐力的活動可能喚起自我的反省作用，並能夠大口說出物理的想法，利用口說物理的方式敘述物理科學，而非單純只是利用抽象的符號進行科學演繹，自然能夠破除物理艱深的刻板印象。而這就是筆者想要在教學上推動學生能夠以問問題作為「口說物理」目的的起點。

從生物教師的教學信念與師生互動一文中(余曉清, 1999)，師生互動的頻率統計表發現該位教師所提出的問問題策略仍著重對象在老師問學生，這類單向統計的分析結果取得十分容易，因為主控者為教師。教師馬上可得到非常多立即性的回饋數據，但是缺點是缺少學生端以反向式(即學生主動問老師)的教學情境資料，即主控者為學生。因此，筆者利用三個發問記入成績之課程規定，試著統計了近七年教學現場的實際經驗結果，分析了幾項可靠的數據，從中顯示反向式的學生問老師，所獲得的教學成效或許比正向式的教師問學生來得好。

教學是師生互動的過程，教師的角色絕對不只是演講者、而是引導者、激勵者(李玉平, 2008)。尤以課堂上的言談更是教學過程中的主要媒介，而發問(Questioning)更是言談中不可或缺的元素。「由學生主動發現問題、

透過適切的口語表達及提出問題，再將與他人溝通分享之結果和自己原有的認知結構進一步組織。」是教育部於 2003 年九年一貫課程綱要中強調的基本能力指標。因此，發問的技巧與內容，變成是教學上的新挑戰，絕對是新的學習策略。

「物理教學中培養學生問題意識的思考與實踐」文中提及如何樹立並掌握培養學生問題意識的教學觀及教學方式(翟曉波, 2009)，一、創設情境、激發疑問，二、師生融洽、對話教學，三、掌握方法、解決問題，四、正確評價、體驗成功，同是筆者近幾年於教學上積極欲達到的目標。

利用下課前之數分鐘進行學習反饋(Wilson, 1986)，是一個立竿見影的好教學方法，例如讓全班學生寫出他的心得與提問，筆者曾經將此法實施於混成教學的班級多年，成效十分良好，學生回答率超過九成，然而以傳統教室之物理本科授課，礙於教學內容與回收問卷時間，則不容易實施。若要克服此問題，教室環境絕對是主因。

除此之外，問題導向學習(Problem-based learning, PBL)是一種挑戰學生「學會學習」(learning how to learn)的教學法(吳清山, 林天祐, 2005)。雖然此法具有前瞻性，但是比起傳統式教學技巧仍有缺乏有經驗的引導教師、也可能具有難讓學生有優秀教師為模仿對象之缺點(Jones, 2006)，不論在學生要能夠在小組中共同找尋真實世界問題的解決方案之先決條件前，通常都要先引導學生發展出自我引導學習的能力。

貳、範例與動機

在挖掘物理學本身的魅力、進而可以激發學生的學習興趣前，必須先從好奇及問題開始。學生會覺得艱深，是因為無趣、不實際。然而很多生活科學現象之解釋幾乎要使

用物理的語言來精確描述、才會恰當。而且物理真的為一門生活科學，可以從中幫助人們解決眾多生活上之疑問與難題。從筆者摘錄眾多學生發問紀錄中之數則、可以端其一二：

(以下為不加潤飾的對答內容紀錄)

Q1 太陽黑子疑問: 發問日期 (2012/05/02)

我問老師關於太陽黑子與其原理還有發生的原因, 老師的回答為: 由於太陽表面溫度大約 6000 度 C、上下中心約為 30000 度 C, 以上所以整顆太陽的溫度極為不平均而太陽黑子就是太陽表面溫度"相對"比較低的地方。

Q2 開車時遇到滂沱大雨怎麼辦?!! 2012/06/12

開車遇到滂沱大雨, 就算雨刷用力地刷, 刷到最快速, 依然看不清楚前方視線及車距, 如果這時候戴上墨鏡, 原本遮住視線的傾盆大雨都不見了, 眼中看到的只剩前方的車輛, 非常清楚又安全。

原理: 因光線照射水珠會產生散亂的反射光, 太陽眼鏡可以過濾掉反射光。

*但是並不是所有的太陽眼鏡皆可, 必須要有特定的材質, 可以偏振光之類的

Q3 在進行物化實驗中, 要將粗的玻璃管分段, 採取的方式為在管上鋸一小缺口, 然後將廢棄的玻璃加熱至高溫, 然後點在缺口上, 這時候因熱膨脹產生斷裂, 但為什麼會產生完整圓圈切齊的切面而不是破口, 基本上玻璃並非結晶性的結構, 所以不是隨機裂開, 而是整齊? A: 這個原因在於玻璃管在製作的時候, 是拉塑成型, 兩端向外一拉成管狀, 在這個時候, 分子受力的方向一致, 所以排列的方式也是往同一個方向, 造成在熱膨脹斷裂後會有整齊的切面。2012/06/19

Q4 問: 是否能得知北極光的飄動? 2012/06/14

問: 我的推測可能是電位差引來影響其飄動的方向

答: 試問北極光是如何產生的?

問: 是太陽的高能電場和地球磁場交互作用史的大氣層中的粒子進行躍遷和放光的現象

答: 其實這是自然界中的一種非線性現象, 就如同白煙嫋嫋一樣, 我們無法預測它會往何處移動

Q5 習題: 一火箭以 4 m/s^2 的加速度從地面上垂直上升, 在 8 秒內其燃燒耗盡 (b) 問其到達最高點的飛行時間為何? 解: $s = 0.5 * 4 * 64 = 128$, $v = 4 * 8 = 32$, $0 = 32 - 9.8t$,

$t = 3.26$, $8 + 3.26 = 11.26$ (秒), $H = 32 * 3.26 - 0.5 * 9.8 * 3^2 = 104.32 - 52.07 = 52.24$ $128 + 52.24 = 180.24$ (m) 最高點與老師討論過後得 "答案給錯了"..... 2013/01/17

Q6 問題: 觀賞大聯盟比賽時, 常常聽到賽評講打者咬到

球心,何謂咬到球心,又為何咬到球心時會有黏在棒子上的感覺,此時通常飛的特別高特別遠 回答:由於擊中球心時,左力矩等於右力矩,此時球在球棒上停留的時間會比較久,給予球的加速度自然越大! 2012/12/14

Q7 為何在颱風來的前幾天,傍晚的天空,天色總會變得格外的橘紅? 老師回答:因為氣壓變化,造成氣體密度變化,光的折射角度不同,造成成色的不同! 2013/1/14

Q8 問:地球內部自身的N S磁極方向反轉。大部份學說認為地球內部較屬於流體的部分是地函,因為是流體所以會流動,流動過程中地函中的鐵金屬類相互摩擦,會形成電子流,其實,地函中的流動不是一個完整的圓,而是好幾個小圓,但整體上電流方向大致上還是分為順時跟逆時兩種,隨著方向不一樣,所產生的磁場也不一樣。因此當過了幾千年,或許因為摩擦力,流體整體轉變為另一個方向旋轉,那磁極也就跟著反轉了。2013/01/13

Q9 放射性元素是放射出什麼東西,為何可以一直放射,而且有些半衰期還非常的長 A:放射出 α 射線, β 射線及 γ 射線,都是由原子核內所放射出來的,主要是因為原子序大的元素核內非常不穩定,所以會利用質能原理將質量轉換為能量放射出去。2012/12/29

Q10 物理課本第八章力矩與動量P361 第93題一個學生站在一個可以自由轉動的平台上,雙手各拿著一個啞鈴,每個啞鈴離學生的中央軸65cm。另一位學生推了他一把,使學生、啞鈴和平台組成的系統以0.50rev/s的頻率開始轉動。平台上的學生將啞鈴拉近胸前,使啞鈴離中央軸的距離縮減為22cm。每一個啞鈴的質量是1.00kg,學生、啞鈴和平台這個系統的起始轉動慣量是 $2.40\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 。把每一個手臂模擬成一個3.00kg的長杆,其轉動軸位於杆的一端。手臂長原來是65cm,後來變成22cm。(b)學生開始緊張,把啞鈴丟到地上。學生轉動頻率變成如何?請解釋之 討論中老師說題目未告訴我們學生是如何把啞鈴丟出去,如果他是拉近胸前後放開,那麼手臂的轉動慣量需要分開算,因為質心已經改變,然後利用 $L=I\omega=I(2\pi/T)=I(2\pi f)\rightarrow L$ 正比於 $I\cdot f$,就可以算出答案 2013/01/14

這些為筆者從96學年度開始要求學生於課程期末考前提交三個物理問與答課程規定裡的實際紀錄,從眾多對答紀錄舉出上述之十個範例,從中不難發現各式疑難雜症問題都有。從正課的習題、生活上的物理、網站上謠傳之疑問等,筆者保留學生紀錄時許

多錯誤敘述與存在許多瑕疵的觀念,以突顯現今學生處理文字仍心不在焉、物理觀念薄弱這些普遍存在於教學現場的實際問題。但這並非本文重點,筆者實施三個問題之發問規定(96~102年)已長達7年之久,撰文之目的著重探討發問的原始動機、技巧與實施成效,最後連結到課程之最終評量、相關性為何,為本文探討之重點。

參、執行策略

您通常會問:「為何只要問三個問題?」

我的回答是:「經常只要三個問題、我就可以掌握一個學生的思維是否正確且清晰,而我也趁機給他一些正面的建議。」

三個問題,如此簡單的發問法,大聲說出心中對於物理的想法與口說解釋物理,意外地搭起師生間溝通的橋樑。每學期開始上課的第一節、規則總是要開宗明義說個清楚,讓學生清楚課程的執行方式,以下僅為課程裡筆者對課程額外規定之不同詮釋。

範例一:上課答問 30%(每位同學規定需於課堂中(非課後或下課時間)答問 3 天次(含)以上、每次 10%,由授課教師親自登記)。

範例二:課堂參與討論 30%:每人必須經由慎密思考提出疑問,學期間至少 3 個問題,每個問答紀錄完整便取得 10%成績。檔案紀錄 10%:將問答部份完整以報告形式提交,3 個問答項目完成後即取得該成績。

上述發現文字敘述稍有差異,但是實施時之原則雷同,就是學生會主動來問老師至少三個問題,而筆者要負責解答、並紀錄該位學生是否已經完成問答程序,在答問學生名單上畫記一筆紀錄,學生只要於期末前上網紀錄當時師生之問答紀錄,由教師檢查無誤,便可獲取該項成績。教師若能透過此法掌握每位學生的學習狀況,控制教學進度將

會變得極為容易。

每次發問即得總成績 10 分...真是一件天大的好事！這教學故事就這樣開始了。

然而要引誘學生於課堂前後或課堂間開口說話，於陌生的師生關係下剛開始時的確不是件容易的事，何況筆者的理想是全班同學都要參與此教學活動。東方的學生天生都不是口才高手，也十分畏懼開口說話，甚至看到大學老師、站在老師面前時手腳就不聽使喚、拼命發抖而說不出話，更何況能清楚表達物理概念與提問。真實狀況下實在需要一段時間由教師不斷地提醒、以及耐心等待，成效俾能浮現。

依照筆者多年實施此法之經驗，可以依學生發問之場景歸納出下列幾種情境：

1. 下課鈴響即蜂擁而上，不問可能會不及格（因為到了期末才想到要問、成績百分比很重！為時間緊迫型）
2. 十分有禮且客氣地請教老師，對物理有興趣（目前比例仍少！通常為成績中等之學生，屬於追求學問型）
3. 針對教師板書小筆誤進行討論，數學基礎較好者（比例也十分少、屬於光挑毛病型）
4. 有秩序的排隊問問題，逼不得已（如同診所掛號、等公車排隊成一列，屬於有一就好型）因為筆者有時以國字正字逐筆紀錄。
5. 無所不用其極插隊，看老師會不會算他一筆（經常是兩個或三個一起來、最後認定成績如何給定，是開口先問的給 10%、附和者是否給 10%、則看教師當時問答情境深度判定，屬於貪小便宜型）
6. 霸佔講桌圍成一圈，老師已經不知道要回答那一個問題了，而享受在知識切磋的夢想池裡（期待中！屬於超級夢想型）

然而，雖然以成績之誘因鼓勵，未免有時在成績評斷上會認為浮濫，然而再好的方法，沒有提昇物理的知識面時，一切都是枉

然！由於評斷成績，會因為班級之素質、班級整體之互動有關，筆者認為，成績之高低，並不能代表學習物理之質，而是透過此法，將學習物理之興趣的質增加，而達到教學目標。普遍非本科系之學生對於物理有超過一半先決主觀認定是排斥物理之學習，若排除傳統之授課，能透過適當之發問引導，讓其原有追求基礎科學知識之信心增加，不外乎已經達到提昇物理教學成效的目標。

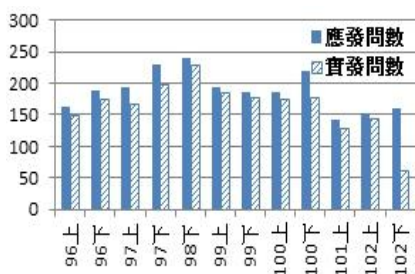
肆、統計與分析

筆者將 7 年內（筆者於 96 學年度起每學期中之必修課程修課人數狀況，學生人數區間為 51~80 人）著實紀錄教學資料，觀察此法所帶來的效應。

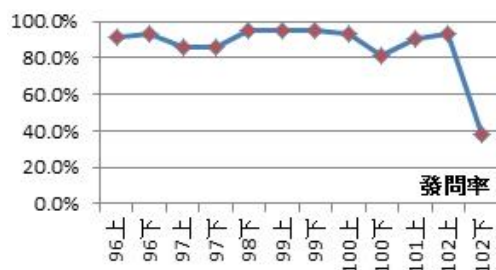
數據統計顯示至 102 學年度止。在 96 學年度下學期至 100 學年度下學期期間授課人數皆超過 60 人、最高授課人數曾經高達到 80 人，101 學年度起教師授課人數恢復班級常態（~50 人左右）。發問規定後，若以單人次計算，每人至少需要問三個問題，該項成績才會滿分，若以最高人數班級 80 人為例，紀錄問題的總數將達 240 次，有些教師不禁會問，這需要花多久時間？我通常會回答，如果有心於經營這一塊，甚至樂於與學生討論專業領域的教師，將發現此法有畫龍點睛之妙。事實證明，筆者通常必須扛下遠遠超過這規定底限的問題數，此法僅是一種誘導、問題數多寡已經不再是問題之焦點。筆者由於擅長於對應學生姓名、長相與課堂座位，因此以正字紀錄學生發問次數並記憶學生的學習狀況並非難事。

所有實施發問規定的所有課程及班級人數，共紀錄了七個學期。依照課別共分為專業課程、外系一般課程、以及本系基礎課程三大類。從下述圖一及圖二中觀察發現，學

生的平均發問率皆超過九成、最高問答數亦接近 250 次,超過之發問次數未顯示於該表,事實證明有些學生被誘發之後,就不再畏懼發問,也能漸漸清楚敘述物理的概念,表示實施此法已出現一定成效。筆者亦曾經於 100 學年度下學期任教應用數學系的普通物理課程以網路混成教學法榮獲績優獎,也曾經於校內舉辦之相關教學研討會分享教學法之成效。



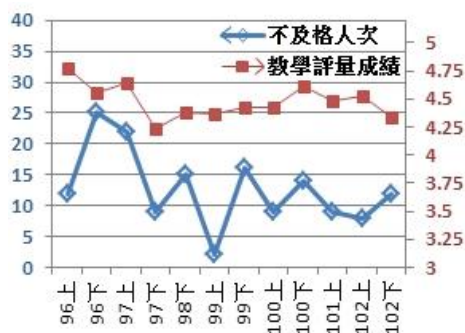
圖一 歷屆學生實際發問數分佈狀況



圖二 歷屆學生發問率分佈狀況

接近 8 成以上發問率的成功原因第一當然可能出自於課程之強制規定(納入總成績評比)。而圖三中唯一的驟降點(發問率下降至~40%)為 102 下學期課程(應用數學 I-線性代數與向量分析),筆者甫自實施此法於該班,由於取樣數少、應用數學課也因偏向基礎演算,試辦期間調降發問成績比例(降為 15%、每次發問只獲得 5%),推測該屆學生對於新規定仍不習慣、除了十分畏懼發問外,其餘課程(96~100 學年度間量子物理、普通物理等)教學成效良好。另外一方面,

常有教師認為,不及格率變大會影響教師期末之教學評量及課程評價,因此往不及格率方面進行觀察,圖三中實施此法後學生成績不及格人數與教師教學評量平均數字約 4.48 的結果看來,學生的教學滿意度與不及格數並無直接關聯性。而且有趣的是 97 年下學期的量子物理課程不及格人數為 9 位,與 96 年下學期的 25 位相差 16 位之多,評量分數與平均數落差將近有 0.25、為歷年顯示最低,與 102 學年度敝校一般課程大學部校課程標準差 0.28,已經十分接近。表示該年課程實施成效不佳,的確有其檢討之必要。至於學生之學習成績亦是一項重要之參考指標,但是礙於課程間屬性與學生素質迥異,比較時較無參考基準,且不在本文討論範疇內,將不顯示其數據關係。



圖三 不及格人數與教師教學評量成績



圖四 該課程不發問人次與零發問導致不及格人數關係圖

進一步分析結果發現,不發問人次對期末學習成績有一定程度的關聯性,因為不發問而導致成績不及格者有絕對正相關,幾乎不發問者最後成績就呈現不理想狀態而導致

不及格，圖四中偏離曲線的 100 學年度下學期及 102 學年度下學期課程則為特殊案例，100 學年度下學期任教普通物理課程與教師接任課程的經驗過久可能產生教學倦怠、而執行度下降。此外，102 學年度下學期應用數學(I)課程由於剛開始實施新課程規定，發問成績比例調降，學生產生不熟悉度以及學生不重視發問等，因而產生圖中統計數據上之落差。

讀者或許會問，為何筆者為何要實施學生向教師發問的教學策略，以改善教學。其實從下表一可以直接觀察得知，93 學年度起初任教師的筆者，仍以傳統教學為主，以充足的板書筆記內容及完整的授課章節、拼了命式地趕課，雖然完成了授課內容，相較於之後任教的科目，不及格率也低，但是與學生的眼神並無交集，其中一位學生曾經於教學評量中評語筆者：「老師好像在對著空氣說話。」換來學生無情的評語與教學評量（如表一、教學評量平均值為 3.9，而 102 年度全校總平均值已經超過 4.4 分），筆者驚覺教學上已經出現問題，原教學方式必須立即調整，才有了發問規定的誕生。

表一 未實施發問規定課程與教學評量

學年度	班級 人數	課程名稱	不及格 人次	教學評量 成績
93 上	47	普物(資工)	8	3.90
93 上	47	普物(分生)	5	3.92
93 上	49	普物(應微)	4	3.94
94 上	46	普物 I(生機)	6	3.71
94 下	59	普物 II(生機)	13	3.90

筆者發現，非本科系（物理系）學生非常不喜歡純物理公式的推導，可見純粹公式導向的教法無法滿足大多數學生，而會讓學生漸漸失去學習物理的興趣，課堂上避免學生打瞌睡的主要方法就是問他問題，雖然學生可能沉默、不想回答，可是至少有機會專

注於問題上，回到課堂的正常氣氛裡。

引導學生去想像一個簡單的問題，比實際教他一個問題來得重要，在想像與物理問題的解決一文結語中(冉慶豐, 2004)，「想像力比知識更重要，因為知識是有限的，想像力概括著世界上的一切，推動著進步，並且是知識進化的源泉。」沒有了想像力，創新與進步便無出口、所有事情也只是不斷地複製舊有的經驗而已，毫無新鮮感，學生又怎麼會有興趣聽老師敘述對他們毫無興趣的八股與無字天書呢？

筆者喜歡於課堂上深入探討一個單純的物理現象，並且詢問學生、說說看你的看法，筆者經常說：「說出來，即使是錯的，老師仍然給你掌聲，其他同學請不要笑。」學生畏於表達心中的想法，也不願意動腦筋思考，學習自然就產生困難、十分合理。

教科書、教學資源或是講義都是輔助教學的工具，端看教師如何妥善利用，才能讓學生善用這些手邊的資訊，最後能舉一反三！老師就像是一個好的演員、除了要將知識變成腳本、還要把腳本背熟、用自己的口吻與肢體表達出來，讓欣賞這齣戲台下的學生能夠引起興趣、而有學習的效果，真是一大困難與莫大挑戰！

然而東方人學習知識的模式幾千年來似乎並無改變，你教我抄、抄了才學、不抄不學、抄了回家不看、看了記不起來、記了考試就忘、忘了也不在意，所以學習變成一種負擔，不是樂趣，週而復始、產生惡性循環，我常常講的一句話：「各位同學、你們真是貴人啊！（因為貴人多忘事）」日後對自己的子女教育也是，你給我好好學、學了以後當狀元、不學以後撿紙萋、現在父母為你好、以後存錢買樓房，其實這種填鴨功名式的教法的教育等於沒學，追求學問的樂趣不在、何來創新可言？

好的老師應該是時時舉出最佳範例、作好的示範、而後成為典範！

「如何品味物理之美，必須將物理知識深化到一定的程度，方能深入其境。」～筆者常對學習物理學生由衷叮嚀的一句話。

提高教學的藝術性與趣味性，實非必要元素，但若任課教師在此方面原生就具有某些能力的素養，例如筆者本身就不是天生具有幽默感類型的教師，外表看來格外嚴肅、學生避退三舍。然自從實施三個問題之規定後，時常在公用研討室另闢教學戰場於小型研討室內傳授交換許多物理要領、解決同學各式疑難雜症，從此學生也另眼相看、改變原有之刻板印象（請參見附錄－筆者 Office hour 的白板紀錄）。

筆者曾經在上到聲波小節時，利用習得的小提琴演奏技巧進行簡單的示範，講授駐波、弦的粗細及音頻的關係，沒有美妙樂曲作為襯托、似乎也很難引起學生的共振，當該班嘗試實施後，學生突然上前告知筆者他萬古不化之某處癥結竟然豁然開朗，然、這不也是教育的主要目的嗎？

伍、結語

上課時從完全沒有聲音、沒有問題的窘境，似乎因為發問引導法而得化解，師生距離也拉近許多，許多不錯的物理想法經由發問的過程而激盪出來，學生在此過程中也能進行同步思考與表達，這是筆者利用此技巧的主要目的。筆者通常選擇凝聽學生的表達後再給予方向與建議，通常不直接給予答案為最上乘的答法，由學生自行思考、透過筆者的引導、最後答案呼之欲出，甚至就此解決，其實學生很有成就感。

教學相長，筆者以自身之經歷為例，知曉發問對於物理科學學習的重要性，時常對學生說：「當物理沒有辦法用嘴巴清楚說出來時、是絕對不會懂的！」，而這條路才正要開始。教學相長，是筆者一貫的教學信念，邊做邊學、邊學邊成長、邊成長邊教、邊教邊

歡喜。

筆者任教大學教師已十年之久，常言所謂「台上一分鐘、台下十年功」這句朗朗上口的名言，從被學生用言語鄙視、到十年後的現在至少得心的教學方式，雖然要完全達到應手之境界仍需持續努力外，然而您說教學需不需要累積豐富經驗，其實答案當然您早已經曉得了。

三個問題？其實也不是想像中這麼難！

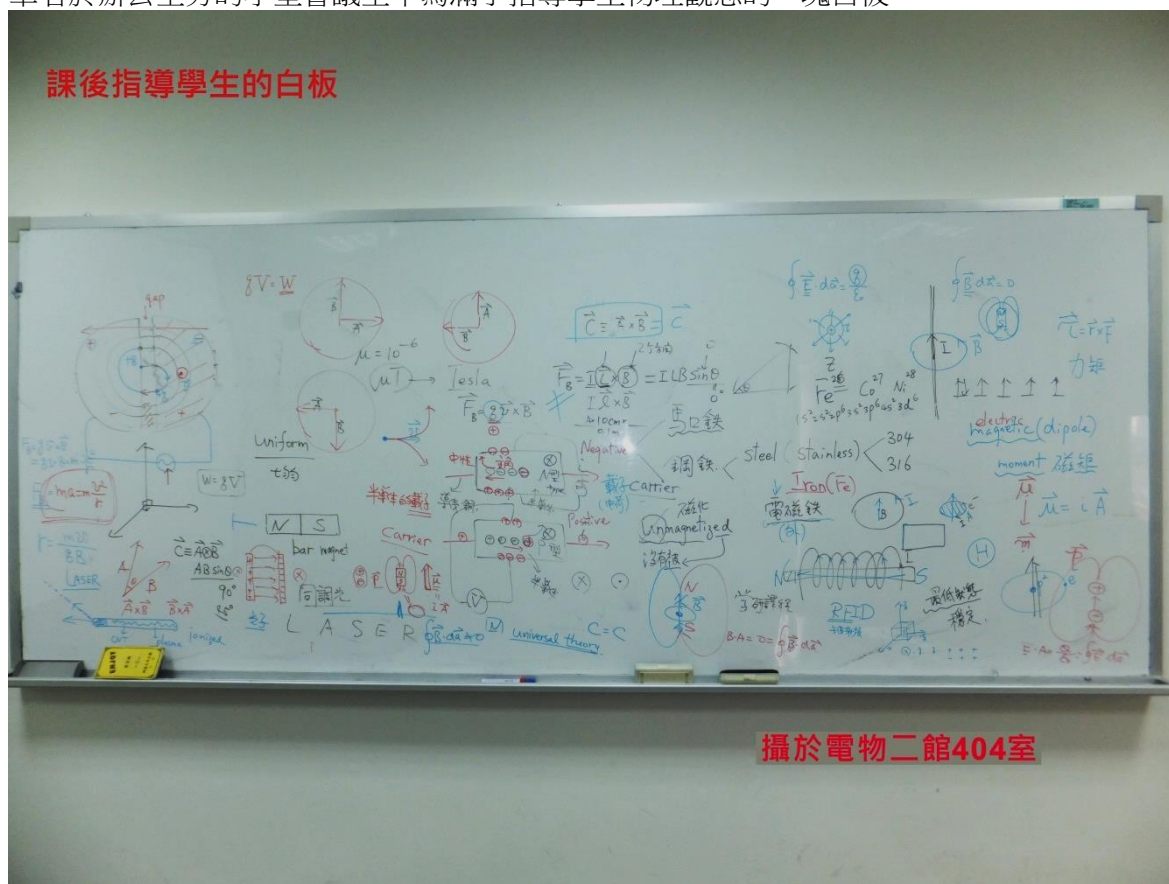
參考文獻

1. Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39.
2. Jones, R. (2006). Problem-based learning : description, advantages, disadvantages, scenarios and facilitation. *Anaesthesia and Intensive Care*, 34(4), 485-488.
3. Wilson, R. C. (1986). Improving Faculty Teaching: Effective Use of Student Evaluations and Consultants. *The Journal of Higher Education*, 57(2), 196-211.
4. 冉慶豐 (2004). 想像與物理問題的解決. *遼寧師專學報(自然科學版)*, 6(2), 17-18.
5. 余曉清 (1999). 生物教師的教學信念-教學、與師生互動一個案研究. *科學教育學刊*, 7(1), 35-47.
6. 吳清山, 林天祐 (2005). 《教育新辭書》. 臺北: 高等教育.
7. 李玉平 (2008). 以教師發問促進學生發問—談科學教師發問技巧. *教師之友*, 49(3), 80-87.
8. 陳沛嵐 (2004). 「問問題」的想像～找回遺失的問號～. *課程與教學*, 7(2), 75-94.

9. 程光暉 (2009). 淺談如何激發大學生的物理學習興趣. *咸寧學院學報*, 29(6), 81-82.
10. 翟曉波 (2009). 物理學中培養學生問題意識的思考與實踐. *遼寧師專學報(自然科學版)*, 11(1), 10-11.

附錄：

筆者於辦公室旁的小型會議室中寫滿了指導學生物理觀念的一塊白板。



Teaching Analysis of Three Physics Questions from Student to Teacher

Chiung Wu Su

Department of Electrophysics, National Chiayi University
cwsu@mail.ncyu.edu.tw

Abstract

In the role of traditional teaching, teachers generally prepare well teaching materials and do their best on the fundamental knowledge as the main goal of teaching. The students under common educational system (one-way teaching, teacher to students), often sit on their desk, write the lecture notes and concentrate to listen what the teacher says. The teachers begin to face big challenge when the advanced electronic technology on teaching was gradually substituted. The author tries to change a teaching strategy of three questions to the teacher on the non-physics background and physics background students within 7 years. The student has to choose at least three days and ask their teacher at least one physics-related question per day within the semester. The student can ask question on, between and after the class. After the process of question and answer, the teacher then writes a sign record on the questioning survey form once per times. The student will get 10% credits per question. However, the method has to instruct by the teachers themselves and has to remind students for a long time. It takes time and mind when the student number enrolled in the class is a heavy load. In this article, the statistics of the teacher evaluation exhibits the increase of teacher's evaluation credits and analyses the effect of final score when students fail the physics lecture by this teaching strategy. The objective of the method is to stimulate and encourage students for more self-questioning on fundamental physics and can learn physics by speaking language from physics. The willing of learning physics becomes relatively higher.

Key words: Questioning teaching, Speaking physics