

教育部教學實踐研究計畫成果報告

計畫編號/Project Number：PMS107040

學門分類/Division：工程數理學門

執行期間/Funding Period：2018-08-01~2019-07-31

計畫名稱:以科學演示專題課程提升學生學習成效
配合課程名稱：物理演示專題

計畫主持人(Principal Investigator)：王昌仁

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：東海大學應用物理系

繳交報告日期(Report Submission Date)：108 年 9 月 9 日

1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

最近幾年不論從事專業科目的教學或通識課程的教授，明顯感受到學生在學習有下列課題是亟待解決的：

1. 基礎知識的不足:這或許是因為近年課綱與考招制度的幾度更迭造成大學端的授課者不確定學生真正學習過哪些內容與其所學習的深度為何。但是這相對容易解決，藉由調整我們要教授的內容與深度，基本上是可以透過學系整體課程規畫解決。
2. 學習不夠深化:在授課過程可發現同學雖然有學習知識內容，但對曾學習內容的學習不夠深化，可能是有背誦並未真正深入了解相關知識的內容。以致於當面對與課本內容稍易的情況或未曾在考試中見過的問題變往往無法應對。甚至對名詞或現象的基本定義都不甚了解。舉例而言，在上課時曾數次詢問”鋼瓶中的氣體壓力”與”大氣壓力”有何不同。若是直接出計算題給同學作答，同學可能可以計算出題目中”鋼瓶中的氣體壓力”與”大氣壓力”並比較其大小但卻無法說明兩者的異同。細思其原因有二:一是同學並未深思這兩者雖然單位與名詞（壓力）相同卻未從現象來深思其異同;二是同學未曾仔細推導理解這兩種壓力公式的來源。在傳統教學仔細推導公式是主要的強勢教學方式。對於思辨能力較高的同學這是有效而能迅速學習知識與累積能力的方式。然而這也是常常讓思辨能力較沒那麼敏捷的同學視物理為畏途的原因之一。因為理論的推導需要數學能力與較抽象的思考，這是需要長期的扎實訓練才能獲得。相對的也是同學較易感到挫折的地方。而若是從現象來仔細思考與搭配實作來進行，相對的學生可能較容易瞭解基本的現象與理論，而要有成效的關鍵是要有時間與有人可反覆與學生討論與引導學生如何去思考問題。
3. 理解與表達能力不佳:在教學現場常碰到的另一個問題是學生理解與表達的能力不佳。其原因固然與前述的現象有關，但更重要的原因是我們讓學生表達或鼓勵他們表達的機會不夠多，因此在課堂的相互討論過程中可發現有些科學知識或科學概念同學是學過的，但讓其對他人說明時往往缺乏系統的表達或觀念混淆不清或說明偏離主題。而理解與表達能力卻是現代社會系統組織運作中很重要的一個環節。
4. 學習動機不足:這是學生學習最大的問題。其原因不外乎”學習成效不佳”讓自己喪失原本的熱情;或是大學的學習環境不如自己期待;甚至是進入自己完全無興趣的科系。但無論是何原因,缺乏”正面的學習成就感”均會放大這些因素的影響而削弱學生學習動機。此外若在短期間無法理解自己所學東西的價值(短期目標與應用)也容易消磨學生的學習動力。

在本教學計畫想要透過課程內容的安排與教學的更新來逐步改善上面所述的可能問題。本計畫擬以”科學演示專題”課程來促成學生深化學習的目標。在以往我執行教育部”奈米人才培育計畫”的經驗中，實施奈米科學實作課程被認為應是能強化奈米人才培育成效的適當手段。這是因為在常見的 Edgar Dale 學習金字塔概念圖中時實際的操作比起只有講授與閱讀的教學應更能達到學習的效果。在此課程中學習的主軸並非由老師藉由”演示”來提升學生對科學概念的理解程度。重點是在於我們想實施學習金字塔的更底端的項目。在此課程是要學生自己來設計或改良科學演示並藉此來對同學或一般人來展演科學觀念，因此本課程幾乎包含了學習金字塔中所有的元素。而本計畫藉由”PBL 教學”與”類師徒制學習”的引入，希望學生可以獲得較傳統教學更多的討

論機會促進同儕學習以提升學生自我的學習成效。

2. 文獻探討(Literature Review)

在”教育現場為什麼需要探究與實作課程”(科學研習 FEB 2016 No. 55-02)一文中提到「就知識演進的歷程來看，真實情境的探究與實作在於培養學生面對未知的問題，學習客觀面對、堅持是非，才能夠符合科學演進的歷程、促進知識的創新與發展」。”科學演示”是從既有的知識中可以不斷創新改進的課題。而其實踐正是目前108課綱中”探究與實踐”精神的一種容易發揮實踐的課題。相信這樣的課程能與高中的課程精神相銜接讓無論是理工科系或是非理同學都能藉此對科學的素養有進一步的體認。而Edgar Dale學習金字塔概念圖(圖一)中實做演練與教導別人是到學習成效最佳的過程也正是本課程所開設課程的主要實施模式。



圖一. Edgar Dale 學習金字塔概念圖

3. 研究方法(Research Methodology)

本課程的目標族群為物理系大二至大四的學生。整體進行方式為

- (1). 挑選觀摩現有的科學演示內容,由學生選定要演示的主題。
- (2). 學生提出概念。學生將先提出構想，若是全新的演示需先闡述其設計概念及如何能表達出它們所欲傳達的物理觀念。若為改進舊有的演示則須提出需要改進的理由與如何改進的方法。據此提出一份演示的企劃書經課堂上同學的討論與老師同意後在與進行後續的工作。此階段在訓練同學小組討論與發現問題的能力並藉由觀摩他人演示來提升自己對物理概念的認識並訓練規畫實做或演示能力。
- (3). 實作。依著同學已提出的演示企劃書進行實作。此部分在培養學生動手解決問題的能力。
- (4). 實地演示。於學期末讓學生公開演示自己的演示作品。在此訓練同學教導別人的能力。與如何表達的能力。演示作品除了順暢的演示過程外還須包含正確的原理講解。

本計畫將以下列指標來做為計畫的成效檢驗

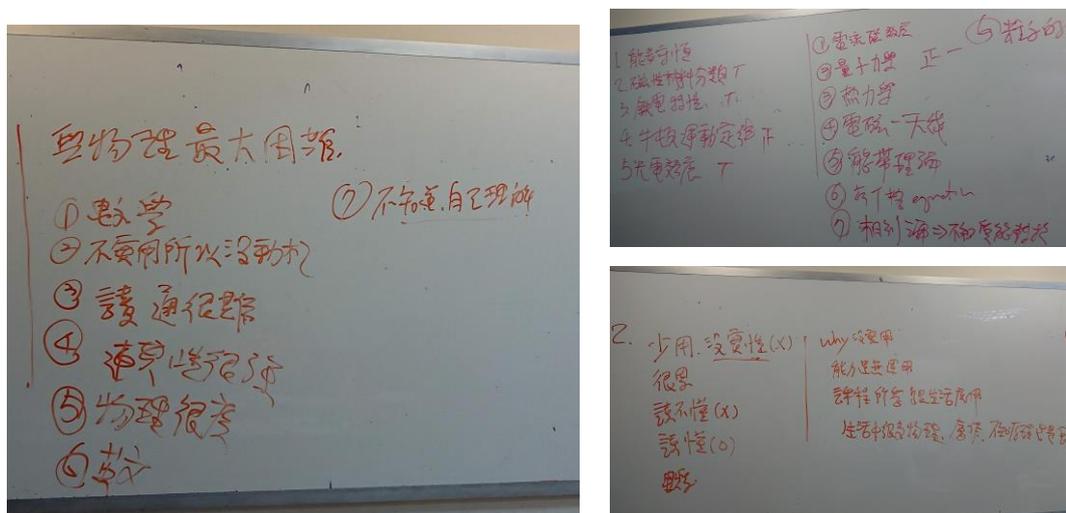
- (1). 學生是否能順利完成其作品
- (2). 學生是否從事實際公開演示並接受觀眾回饋

4. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果

此計畫本擬於上下學期各開設”物理演示專題”課程,但因系上課程安排的因素以致只由於下學期開設此課程。因此擬於上學期課程後挑選學習成效較佳同學於下學期進行課程助教的”類師徒制”學習只能於下年度中來實施。本年度共有 13 位同學修習。8 位大四同學,5 位大三同學。學生完成的科學主題計有：瓶中造霧;磁煞車的演示;離子風現象演示;磁性奈米氧化鐵的實做;電漿球發火;彈跳球;非牛頓流體-史萊姆等等主題。

開學前三週以 PBL 的授課型態引導學生思考自己的學習過程對物理的學習感覺與成效,並討論物理“學得好”或“學得不好”的原因與可能的解決方法(見圖一)。



圖一· P B L 課程的白板討論記錄

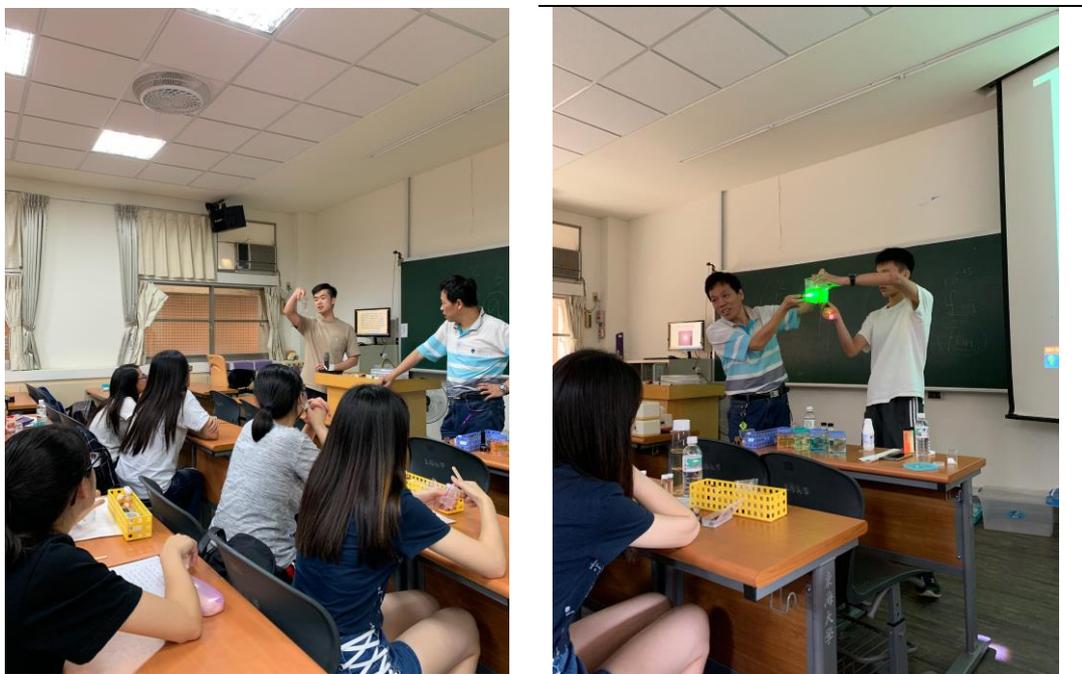
接下來的五週則以觀摩現有的演示實驗作為主,除演示影片外也有利用以前開課時學生的作品做教材。附件一是以前曾修此課程學生參加的學生去年參加 2018 第一屆全國科學教具創意設計競賽獲得銀牌的作品,也請學生實際來課堂演示作為課程的一部份。此部分課程是希望由觀摩他人的演示作品,藉由課堂中討論別人演示活動的優點與缺點。此外也讓學生能習慣於討論與觀摩別人演示與論述的學習方式。在課堂中確有一兩位平時課堂幾乎不發言的同學也會開始參與討論。此部分結束後便由學生開始擬定要演示的題目,課程要求學生先做一份企劃書並於課堂中報告。除演示內容外特別要求的是學生對於演示要有正確的物理圖像解釋已符合自己的演示。例如彈跳球的演示是將一大一小的球重疊墜地時小球會彈跳的比單獨墜地時高許多。學生一開始認為自己演示的重點是彈性碰撞造成小球彈高,雖然彈性碰撞過程是其中可能重要過程,但在上課時與同學們討論完才更改為應是演示了大球的儲能過程他也進而修正其

對演示原理的論述。在課堂的進行有數例類似的例子，學生藉由反覆的詰問與討論讓同學更清楚自己要演示的科學概念為何。

最後幾週則是同學進行演示的實際演練與整個教案的編寫，其目標是讓學生不僅能完整順暢地進行自己的演示活動更希望他人能直接由自己編寫的教案直接做出跟自己設計效果相仿的演示活動。

原本課程規劃配合本系的期末學生專題發表來進行同學的演示活動發表。但因本系於6/1有與聖功女中合作進行高中科學營的活動，因此把部分活內容讓參與本課程的學生來設計並融入於課堂中學得的演示內容來傳遞給高中學子。因為是要界演示活動傳遞科學概念給外校的高中學生，同學們也特別努力的規劃與安排活動的進行。聖功的同學也均很肯定本課程同學的表現。圖二即為修課同學在科學營中的部分活動剪影。

此課程有五位同學為應屆畢業生因其畢業學分已足夠因此於課程中途即表示不擬完成此課程，其餘同學完成此課程的作業要求並順利取得課程學分。



圖二·修課同學參與6/1聖功女中與應物系舉辦的科學活動，帶領與講解動手做與演示項目。

(2) 教師教學反思

點火原理

- 電漿球通電時，在中心金屬球與玻璃外殼之間會有電流通過，帶電粒子撞擊到球內氣體時，會發出各種顏色的光。電壓高達數千至一萬伏特，頻率則高達數十千赫，但電流小，可能小到一毫安培以下，人體不會有電擊感。使用硬幣將電流匯集到金屬上後以尖端接近使空氣激發電漿。

(A)

原理

- 電漿球通電時，在中心金屬與外殼之間會有高電壓，使內部氣體解離形成離子，離子受高電壓排斥向外移動，撞擊到其他氣體分子使電漿球內部發光，最終離子聚集在球殼內部形成高正電荷，而壓克力外部感應出靜電荷，此靜電荷為發出火花的能量來源，所以當手指接觸到電漿球後因電荷被導引離開外殼，就會使燈管無法發光。
- 由於電漿球外部是以絕緣體包覆，所以必須在外部放上硬幣或包覆鋁箔紙作為類似電容的效果，使電荷可累積並自由移動，最終受到尖端吸引而放電。

(B)

圖三. 在電漿球發火的演示，(A)為學生起初的原理說明 (B) 為學期末的原理說明。可明顯觀察到學生的論述已相對完整而清晰。

原理

- 籃球與網球兩球自同一高度分別落下時，理論上籃球受到的彈力會比網球大。
- 若將網球放置於籃球上面再將兩球於同一高度同時落下後，籃球會維持上一步驟的運動狀態，但網球落下後會反彈的比籃球高出許多，也比前一步驟反彈的較高。

(A)

原理

- 以下的分析假設碰撞是彈性碰撞、且大球的質量遠大於小球。由座標系的轉換，可以快速了解小球彈得較高的原因。

疊在一起的兩球落下碰地的瞬間，大球對地面的速度為 V ，大球與小球的相對速度為 $2V$ 。因此小球回彈時，對地面的速度為 $3V$ 。

回彈的高度與速度成正比， $(H=V^2/2g)$ ，而小球回彈的高度為落下的 9 倍。

(B)

圖四. 在彈跳球的演示(A)為學生起初的原理說明 (B) 為學期末的原理說明。可明顯觀察到學生的起初的論述不清也無重點，但期末的作業中已能對演示的現象有相對清晰的物理圖像說明。

上列為節錄兩位學生其演示作品的部分說明。可明顯感受到在經由課程中跟同儕與老師的討論，學生對其作品的原理論述已非一開始那種“就是這樣“或”想當然耳的“粗糙說明。而是有經過自己消化思考後的結果。本課程初中在於提升學生的學習興趣與深化學生的學習。在課程初的 P B L 教學，讓學生與自己能進一步深思同學若學狀況不佳有那些原因。確實有些同學不真的喜歡物理，不知道自己在學什麼，挫折感很重，覺得數學太難等等狀態。但他們也討論覺得動手做事能幫助他們理解與親近科學。而缺乏討論只是用背誦的方式可能是自己學習狀況不佳的主要原因。因此覺得要自己來設計並演示科學原理或現象是個很磨練自己的機會。

因均是高年級同學，若是已經有跟隨本系老師作專題的同學，相對可感覺其較能掌握主題與設計演示內容。然而在演示题目的基本原理掌握度一開始還是較為不足，這大概是因為他們在本系所受的教育模式仍較偏向老師的單方面傳授有關。另外若是沒有做專題經驗的同學則相對一開始較不易決定要做什麼主題，也較不易由所選定主題開始進行作品的構思與實做。但他們也均順利的完成作品，而且可明顯感受對自己所學習的東西較有自信也能較清晰的表達自

己所學。更重要的是也較願意在課程進行中發問與討論。這些表現確實有相當程度達到我當初設定提升學習興趣與深化學習的效果。而期末的科學營參與也讓他們有一展現的舞台相信是有更深化他們學習動機的效果。

此課程較大的挑戰是要藉由大量與學生的互動來帶動其討論，幫助他們的想法成形。相較於傳統的授課需要花費更多的心力，但個人覺得是相當的值得而且其實在與學生的討論互動中也常能激發我新的想法與對科學的認識。覺得需要在更進一步改善的是由我主導的討論還是偏多希望以後在開類似課程時能更多激發同學中自主的討論。

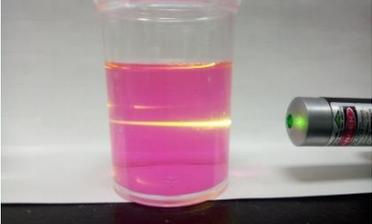
(3) 學生學習回饋

在學期末的學生教學意見反應分數為 98.6，大概是近年我所教授課程中最高分的一科，顯示同學對於學習效果還算滿意。因學生數較少並沒用問卷的方式來呈現教學的效果。不過下列學生評價是我認為是我覺得較有代表性的：“老師沒想到壓力這個問題能討論兩節課”；“這個主題以前沒想過也可以不用數學就能瞭解”；“我對物理有重新拾回一些興趣”。而學生較不習慣的是因為不是以考試來決定成績所以較不確定能讓自己拿高一點的分數。

附件一

教具名稱	分辨光子能量及光照度之簡易演示	設計者	王昌仁 林弘 翁培峰
適用對象	<input type="checkbox"/> 國小 <input type="checkbox"/> 國中 <input checked="" type="checkbox"/> 高中 <input checked="" type="checkbox"/> 大學 <input checked="" type="checkbox"/> 一般民眾		
參賽組別	順位 1. 大學組 2. 高中組 3. 一般民眾		
活動目標	1. 幫助學員了解光子的概念(輔助光電效應教學) 2. 使用簡易素材釐清光亮度與光子能量間的差異。		
實作時間	10 分鐘		
器材	材料：紅、綠色螢光筆;紅、綠及紫色雷射筆(亮度需紅或綠色雷射比紫色雷射亮)、透明瓶三瓶、蒸餾水		

實驗相片	實驗步驟
	1 將紅, 綠與紫色雷射打開分別照射素色牆面, 讓觀察者確認三種顏色的亮度大小關係
	2 將兩瓶透明瓶裝入蒸餾水至 8 分滿
	3 以紅色螢光筆端分放入透明瓶中染色至肉眼可變識程度 4 以綠色螢光筆端分放入透明瓶中染色至肉眼可變識程度

	<p>5 以三種顏色之雷射筆照射只有蒸餾水的透明瓶，觀察瓶中是否有螢光產生</p>
	<p>6 以紅色雷射筆照射紅色墨水透明瓶，觀察瓶中是否有螢光產生</p>
	<p>7 以綠色雷射筆照射紅色墨水透明瓶，觀察瓶中是否有螢光產生</p>
	<p>8 以紫色雷射筆照射紅色墨水透明瓶，觀察瓶中是否有螢光產生</p>
	<p>9 以紅色雷射筆照射綠色墨水透明瓶，觀察瓶中是否有螢光產生</p>
	<p>10 以綠色雷射筆照射綠色墨水透明瓶，觀察瓶中是否有螢光產生</p>
	<p>11 以紫色雷射筆照射綠色墨水透明瓶，觀察瓶中是否有螢光產生</p>



12 可將兩瓶墨水並排，再分別以紅色雷射，綠色雷射與紫色雷射從側面將雷射光同時照射入兩瓶液體請觀察者確認發光的情況。

原理說明與特點

近代物理中光子的概念是學生容易混淆的問題。原本光電效應是一個可以用來說明光子能量與照度觀念的良好例子。但除了實驗的描述外並不易直接在課堂上演示，且光電效應實驗相當費時。為了令學生能以光電效應以外的簡便方式認識光子能量與光亮度之間差別，本演示嘗試以螢光墨水的螢光現象來說明光子能量與光照度的差異。螢光的產生是螢光性分子受到光的照射，吸收入射光能量後，造成分子團發生能階躍遷，令電子自基態 S 躍遷至能量高且不穩定的激發態 S^* ，即 $S+h\nu \rightarrow S^*$ ，隨後處於激發態之電子會放出能量回到基態，放出能量的形式可為熱能或是光，放出光即為螢光。此現象與光電效應中功函數的概念相似，因為原子中電子能階是處於特定的能量須入射光子能量大於相應的能階差才能將材料中的電子激發到高能階繼而產生發光的現象。因此本演示不但能以螢光現象來釐清光子能量與光照度之差異，亦可介紹光電效應的成因。此外也能同時幫忙加強學生對原子中電子能階概念的理解。

本實驗藉由實作明顯讓學習者感受”波長“與”亮度“對物質發光的影響而能搭配理論的講授達到深刻學習的目的。其特點為：

1. 清楚的現象展示
2. 操作簡單, 器材簡易。
3. 可搭配乳光現象作光與物質作用的整合式的探究實作

可探究與擴展的問題

演示或學生自主實驗的觀察重點與問題

1. 為何需用蒸餾水?用自來水, RO 水可以嗎?
2. 入射光與所發的光顏色相同或不同?其波長大小的比較關係有何規律?
3. 整理墨水顏色(相應的可能波長)與入射光波長的大小關係對會不會發光的影響.
4. 如果不是螢光墨水會有甚麼現象?
5. 不同廠牌的墨水是否現象不同?
6. 用 LED 燈會見到甚麼現象
7. 如果使用螢光棒的液體會會有甚麼結果?

可擴展的題目

光經過液體時主要的現象只要有穿透, 反射, 吸收, 發光與散射等現象. 同一組的教具亦可同時來進行新觀的實驗與演示. 以散射為例可以配合此演示介紹化學色(本演示)與物理色(散射光)的不同.

延伸主題一

此實驗若非使用蒸餾水或 RO 水, 很容易出現源自散射的乳光; 或是很多螢光筆其中有微粒的成分也容易出現乳光. 可藉此引導學生觀察其差異性並引發討論. 主要的不同為散射光與入射光顏色相同但螢光(化學色)的顏色則不一定與入射光一樣. 可以這個基礎觀察下引導學生也探究乳光的產生與其特性.

延伸主題二

若有光譜儀的設備可以搭配光譜儀進一步來研究螢光的光組成與入射光的關係.